JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XVI. Jahrgang 1905.

Mit fünf Tafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1906.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1904. Prof. Wolfer in Zürich hat für dieses Jahr in altgewohnter Weise die Fleckentätigkeit der Sonne festgestellt.[1]) Seine eigenen Beobachtungen erstrecken sich über 229 Tage, außerdem konnten noch 18 andere Beobachtungsreihen benutzt werden. In der folgenden Tabelle sind die monatlichen Relativzahlen, welche sich aus sämtlichen Beobachtungen ergaben, zusammengestellt, ebenso die Zahl der Beobachtungstage und der fleckenfreien Tage.

1904	Beob.-Tage	Fl. freie Tage	Relativzahl r
Januar	31	1	31.6
Februar	29	0	44.5
März	31	0	37.2
April	30	0	43.0
Mai	31	0	39.5
Juni	30	0	41.9
Juli	31	0	50.6
August	31	0	58.2
September	30	0	30.1
Oktober	31	0	54.2
November	30	0	38.0
Dezember	31	0	45.6
Jahr	366	1	42.0

Das definitive Jahresmittel für 1904 ist hiernach r = 42.0 und ergibt gegenüber 1903 (r = 24.4) eine Zunahme von 17.6 Einheiten, d. h. noch etwas weniger als jene von 1902 bis 1903, die 19.4 Einheiten betrug. „Das langsame Ansteigen der Tätigkeit während der Jahre 1901 bis 1903 hat somit im Jahre 1904 fortgedauert, und es ist der Gradient nicht nur nicht stärker, sondern sogar etwas geringer geworden, wenn auch nur um den unbedeutenden Betrag von nicht ganz zwei Einheiten, aus dem offenbar noch nicht zu schließen ist, daß

[1]) Astron. Mitt. Nr. XCVI. Vierteljahrsschr. der naturforsch. Ges. in Zürich 1905.

die Phase der stärksten Zunahme der Tätigkeit schon überschritten sei. Es mehren sich aber die Anzeichen, daß das Maximum ungefähr den Charakter der beiden letzten von 1884 und 1894 haben werde. Die Monatsmittel weisen nicht entfernt die starken Schwankungen auf, die sonst für die Umgebung eines hohen Maximums bezeichnend sind und, wie ein Blick auf die Fleckenkurven früherer Perioden z. B. auf das Maximum von 1870 zeigt, auch in den Monatsmitteln noch Beträge von 50, 100 und mehr Einheiten erreichen können. Für 1904 beträgt die Differenz zwischen dem größten und kleinsten Monatsmittel nicht einmal 40 Einheiten, und die Abweichungen der beobachteten Monatszahlen vom mittlern Verlaufe der Fleckenkurve würden noch erheblich geringer ausfallen. Kein einziges Monatsmittel übersteigt den Betrag 60, was für ein drittes Jahr nach dem Minimum, verglichen sogar mit den beiden letzten elfjährigen Perioden, sehr wenig zu nennen ist. Bis jetzt scheint also alles darauf hinzudeuten, daß die gegenwärtig verlaufende elfjährige Welle die beiden vorangegangenen an Amplitude kaum übertreffen, vielleicht noch hinter ihnen zurückbleiben wird."

Im allgemeinen ergibt sich, „daß zwar wieder eine zeitweilige Anhäufung und Beständigkeit der Fleckenbildung an bestimmten Stellen der Sonnenoberfläche und ebenso längere Zeit andauerndes Fehlen derselben an andern Orten sich geltend macht, daß aber doch mit dem Anwachsen der Tätigkeit auch eine gleichmäßigere Verteilung der Fleckengruppen nach Zahl und Größe auf alle Meridiane verbunden und daher das Auftreten von deutlich gesonderten, je nach Ablauf einer Rotation der Sonne periodisch sich wiederholenden sekundären Maxima und Minima der Fleckenkurve ausgeschlossen ist. Man erhält den Eindruck, daß im großen und ganzen die stärkern Fleckenbildungen sich um drei Meridiane anhäufen, deren erster in den kleinen, der zweite in den mittlern, der dritte in den großen heliographischen Längen liegt, so daß drei Hauptgruppen durch drei weniger stark besetzte Zwischenräume getrennt sind. Die erste und dritte dieser Gruppen kommen aber einander in der Gegend des Nullmeridians so nahe, daß man sie beinahe als einen zusammenhängenden Komplex betrachten darf, und somit würden auch in diesem Jahre wieder Anzeichen von der früher erwähnten Diametralstellung der Haupttätigkeitsgebiete auf der Sonnenoberfläche vorhanden sein."

Spektrographische Ermittlung der Sonnenparallaxe. Professor Küstner hat praktisch gezeigt,[1]) daß mit Hilfe des Spektrographen genaue Werte für die Sonnenparallaxe ermittelt werden können, und diese neue Methode in schärferer Ausbildung und durch die leicht zu erzielende Vermehrung der Beobachtungen zu vielleicht

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4048—4049.

ebenso genauen Ergebnissen führen kann, als die beste der frühern Methoden. Schon die ersten mit dem Spektrographen der Sternwarte zu Bonn erhaltenen Resultate für die radiale Geschwindigkeit gewisser Fixsterne hatte eine große innere Genauigkeit dieser Messungen gezeigt und ferner ergeben, daß die Fehler hauptsächlich in der Identifizierung der Linien, also in den Annahmen für die Wellenlängen zu suchen seien. Denn jede fehlerhafte Annahme über die Wellenlänge einer Linie geht mit ihrem vollen Betrage auf die berechnete Verschiebung dieser Linie über und muß demnach das Resultat für die radiale Bewegung entsprechend verfälschen. Bei dieser Lage der Sache schien es Prof. Küstner sehr erfolgreich, durch eine besonders angeordnete Beobachtungsreihe die Erdgeschwindigkeit und hieraus die Sonnenparallaxe zu bestimmen. Denn bei einer solchen Reihe, wo es sich nicht um die absolute radiale Geschwindigkeit, sondern nur um ihre Differenz, beobachtet in entgegengesetzten Jahreszeiten, handelt, fallen offenbar die Linienfehler der letztgenannten Art gänzlich fort, wenn man stets dieselben Linien zur Messung heranzieht. Sorgt man noch für ein möglichst gleichförmiges Arbeiten bei der Aufnahme sowohl wie bei der Ausmessung der einzelnen Spektrogramme, so werden auch instrumentelle und persönliche Fehler aus der Differenz herausfallen. Um dies zu erproben, hat Prof. Küstner im Sommer 1904 und in dem darauf folgenden Winter eine Reihe von Aufnahmen des Arktur gemacht, „da dieser Stern sich wegen seiner großen Helligkeit, die einen feinen Spalt bei kurzer Expositionszeit anzuwenden erlaubt, und wegen seines Spektrums mit zahlreichen sehr scharfen Linien, besonders dazu eignet, und auch sein Abstand von der Ekliptik ein mäßiger ist, so daß noch $^6/_7$ der Erdgeschwindigkeit zur Wirkung kommen. Ferner scheint seine eigene radiale Geschwindigkeit konstant zu sein; doch muß in Strenge diese Frage zunächst noch offen gelassen werden. Gerade auch zur Ermittlung etwaiger sehr kleiner periodischer oder fortschreitender Änderungen der Radialgeschwindigkeit dieses oder auch anderer Sterne und ebenso zur scharfen Untersuchung erwiesener Änderungen werden streng differentiell angeordnete Reihen, wie die vorliegende, ersichtlich aus denselben Gründen, wie sie oben bezüglich der alljährlich oszillierenden Erdgeschwindigkeit angeführt sind, von besonderm Nutzen sein.

Einige von den Aufnahmen waren durch Wolken oder schlechte Luft mißlungen und mußten von vornherein ausgeschlossen werden. Es blieben als brauchbar 18 Platten übrig, die sämtlich zur Messung herangezogen worden sind."

Diese Aufnahmen verteilen sich auf den Zeitraum von 1904 Juni 24 bis 1895 Januar 15. Sie sind von Prof. Küstner mit einem Töpferschen Mikroskop genau ausgemessen worden. Die Ausmessung wurde auf den Teil des Spektrums zwischen den Wellenlängen $\lambda = 4171$ und $\lambda = 4248$ beschränkt, weil hier besonders viele und

scharfe Sternlinien auftreten, und auch das Eisenspektrum zahlreiche Linien mittlerer Stärke enthält. Dadurch ist ein enger Anschluß zwischen beiden möglich, worauf zur Elimination namentlich von Verziehungen der photographischen Schicht, dann aber allgemein von Fehlern der Abbildung und der Messung hier besonderes Gewicht zu legen ist.

„Bei Auswahl der einzelnen Sternlinien wurde darauf geachtet, daß sie möglichst auf allen Platten gleichmäßig scharf abgebildet waren. Namentlich mußten solche sonst gute Linien ausgeschlossen werden, die in unmittelbarer Nähe schwache Begleiter zeigten, da letztere bei den unvermeidlichen Schwankungen in der Intensität und in der Schärfe des Sternspektrums sich mehr oder weniger mit dem Bilde der Hauptlinie vermischen und ihre Einstellung in wechselnder Weise beeinflussen konnten. Die unzweideutige Identifizierung der Linien mit Rowlands Sonnenlinien und die exakte Festsetzung ihrer Wellenlängen kommt dagegen, wie erwähnt, nicht in Frage, solange es sich nur um die Beobachtung von Änderungen der Geschwindigkeit handelt, mögen diese nun von der periodischen Bewegung der Erde oder des Sternes herrühren."

Es wurden 16 Linien des Sternspektrums ausgewählt und ebenso 16 Linien des Eisenspektrums. Die Messungen und die daran anknüpfenden Rechnungen sind in aller Schärfe durchgeführt worden. Als Resultat für die Geschwindigkeit V des Arktur relativ zur Sonne ergibt sich aus diesen Messungen auf 18 Platten: $V = -4.83 \pm 0.27$ *km* (für 1904.8). Unter der Annahme, daß die Lichtgeschwindigkeit im luftleeren Raume 299 865 *km* ($\pm$ 26 *km*) beträgt, findet sich der von Prof. Küstner beobachtete Wert für die mittlere Erdgeschwindigkeit = 29.617 *km* ($\pm$ 0.057 *km*), und daraus folgt als Wert der Sonnenparallaxe $8.844'' \pm 0.017''$. Dieses Resultat, sagt Prof. Küstner, erscheint beachtenswert in zweierlei Hinsicht: „Erstens enthält es einen neuen, möglichst scharfen empirischen Beweis für die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips in seiner einfachen in der Reduktion angewandten Form, und zweitens beweist sein kleiner wahrscheinlicher Fehler die Möglichkeit, die Sonnenparallaxe auf spektrographischem Wege mit aller wünschenswerten Schärfe zu bestimmen."

„Es ist natürlich", fährt er fort, „nicht meine Absicht gewesen, bereits durch diese ganz kurze Reihe von nur 18 Aufnahmen, deren jede zur Ausmessung einschließlich Justierung der Platte in beiden Lagen noch nicht zwei Stunden Arbeit erfordert hat, die Sonnenparallaxe mit einer Schärfe bestimmen zu wollen, die den besten ältern, auf ein ganz unvergleichlich viel größeres Beobachtungsmaterial gegründeten Bestimmungen gegenüber erheblich ins Gewicht fiele. Ich wollte vielmehr nur zeigen, und eben dies glaube ich erreicht zu haben, daß in der Tat die spektrographische Methode mit den andern Methoden zur Bestimmung dieser wichtigsten

astronomischen Konstante in Wettbewerb treten kann und also auch treten muß. Die einzelne Platte hat hier an diesem relativ kleinen Instrumente von nur 30 *cm* Öffnung die Geschwindigkeit mit einem w. Fehler von $\pm$ 0.2 *km* ergeben, d. h. übertragen auf die Sonnenparallaxe von $\pm$ 0.06″. Diese elementare Beobachtungsschärfe wäre schon genügend; man darf aber erwarten, daß die großen Spektrographen der Riesenrefraktoren, in ähnlicher Weise gehandhabt, mindestens die doppelte Genauigkeit müssen erzielen lassen. Weiter hindert nichts, den Reihen eine beliebige Ausdehnung zu geben und so das Gewicht des Resultats beliebig zu steigern, da man nicht, wie z. B. bei den Planetenoppositionen oder gar den Venusdurchgängen, an einzelne kurze Zeiträume gebunden ist.

Praktisch wird es am einfachsten und zweckmäßigsten sein, Reihen zur spektrographischen Bestimmung der Sonnenparallaxe zu vereinigen mit den von Prof. Frost angeregten und an verschiedenen Observatorien aufgenommenen Beobachtungen der Standard Velocity Stars, deren Liste sich noch etwas erweitern läßt. Am nördlichen Himmel kommen als genügend hell und genügend nahe an der Ekliptik außer α Bootis noch in Frage namentlich: α Arietis, α Persei, α Tauri, β Geminorum, ε Leonis, ε Virginis, η Bootis und vielleicht auch α Canis minoris, da die scharfe Elimination seiner Bahnbewegung möglich sein wird. Eine ähnliche Anzahl geeigneter Sterne dürfte am südlichen Himmel vorhanden sein.

Diese Sterne sind dann also, außer zur Opposition, der allgemeinen Vergleichung der Instrumente wegen, auch noch in beiden Quadraturen zu beobachten, und zwar immer möglichst nahe im Meridiane, oder doch in demselben kleinen Stundenwinkel, und selbstverständlich in derselben Lage des Instruments. Hierauf ist besonders zu achten, und es darf deshalb die kleine Unbequemlichkeit der Beobachtung in den frühen Morgenstunden durchaus nicht gescheut werden, damit systematische Fehler, wie sie z. B. die Biegung des Spektrographen erzeugen kann, die vom Stundenwinkel und der Lage des Instruments abhängen, eliminiert werden, wie denn überhaupt auf völlig gleichmäßiges Arbeiten bei der Aufnahme und bei der Ausmessung an jedem einzelnen Instrumente und bei jedem einzelnen Sterne das größte Gewicht zu legen ist. Dagegen ist es nicht notwendig, an den verschiedenen Instrumenten und bei den verschiedenen Sternen nach demselben Schema zu arbeiten; vielmehr wird in dieser Hinsicht eine möglichste Abwechslung, z. B. in der Wahl der Linien, gerade erwünscht sein.

Die ganze Methode ist so einfach und durchsichtig und läßt sich so streng differentiell handhaben, daß systematische Fehler, deren Eliminierung bei den andern Methoden zur Bestimmung der Sonnenparallaxe oft so schwierig ist, kaum zu befürchten sind. Bestehen bleibt zunächst noch ein Fehlereinfluß, nämlich der von etwaigen periodischen Bewegungen der betreffenden Sterne herrührende.

Ob solche vorhanden sind, darüber werden gerade diese Beobachtungsreihen den besten Aufschluß geben, und es wird hierzu eben sich empfehlen, nicht bloß Aufnahmen zu den Zeiten der Quadraturen, auf die ich mich bei dieser Versuchsreihe hier beschränkt habe, sondern einige wenigstens auch zu den andern Zeiten und namentlich um die Opposition herum zu machen. Im Mittel aus einer größern Zahl von Sternen könnten solche periodischen Bewegungen, selbst wenn sie unerkannt blieben, auch unmöglich einen konstanten Fehler im Resultat für die Erdgeschwindigkeit erzeugen, sondern höchstens nur den zufälligen Fehler vergrößern.

Durch die Bestimmung der Sonnenparallaxe mit Hilfe der Spektrographie wird ein neues festes Band zwischen Astrophysik und Astrometrie geknüpft, geeignet, diese beiden Zweige der Astronomie, die zu einer Zeit einmal stark auseinander zu streben schienen, eng miteinander zu verbinden, zum Nutzen beider.“

Periodische Veränderungen der Gestalt der Sonne hat Dr. Lane Poor wahrscheinlich gemacht.[1]) Er stützt seine Untersuchungen zunächst auf eine Reihe von Sonnenphotographien, welche Lewis M. Rutherfurd in den Jahren 1860 bis 1874 aufgenommen, und die er in einer Anzahl von 139 Stück der Sternwarte der Columbia-Universität geschenkt hat. Lane Poor hat bei seinen Untersuchungen diese Aufnahmen in zwei Gruppen geteilt, von denen eine die Zeit 1860 bis 1866, die andere die Jahre 1870 bis 1874 umfaßt. Die Platten der ersten Gruppe wurden mit einem kleinen Objektiv erhalten, die der andern dagegen mit dem 13-zölligen photographischen Objektiv, welches Rutherfurd 1868 vollendete. Die frühern Platten waren außerdem einfache Photographien der Sonne ohne Orientierungsangaben über die Lage der Mittellinien oder dergleichen, seit 1870 begann Rutherfurd dagegen auf den Platten Orientierungsmarken anzubringen, doch fehlen auch diese seitdem noch etwa auf der Hälfte derselben. Von 61 im Jahre 1870 erhaltenen Platten konnten deshalb nur 4 für die Zwecke der Untersuchung herangezogen werden, aus dem Jahre 1871 nur 7, aus 1873 nur 10, aus 1874 nur 1, die aber sonst zu schlecht war, um mitbenutzt zu werden. Die Platten wurden mit größter Sorgfalt mit Hilfe einer Repsoldschen Meßmaschine ausgemessen, indem auf jeder derselben 28 Punkte des Sonnenrandes gemessen wurden, nämlich je 7 an oder in der Nähe jedes Poles und 7 um oder in der Nähe des äußersten Punktes des Sonnenäquators. Bei diesen Messungen und Berechnungen wurden alle Vorsichtsmaßregeln beachtet und auch der Unterschied der Refraktion für die höhern und tiefern Punkte des Sonnenrandes genau berücksichtigt. Auf diese Weise ergab jede Platte 28 Werte für den Sonnenradius, von denen die

[1]) Astrophysical Journal 1905. **22**. p. 103.

eine Hälfte den Mittelwert für den polaren, die andere für den äquatorialen Radius lieferte.

Es ergab sich auf diese Weise, daß die verschiedenen Platten jedes Jahres Werte ergaben, die untereinander vortrefflich übereinstimmen, während die Ergebnisse der verschiedenen Jahre nicht miteinander übereinstimmen. Die Platten des Jahres 1871 zeigen, daß damals der äquatoriale Radius der Sonne den polaren um etwa 0.30″ übertraf, während diejenigen aus den Jahren 1870 und 1872 ergeben, daß der polare Halbmesser der Sonne um 0.2″ größer war als der äquatoriale. Während der Zeit von 1871 bis 1872 nahm der Polarradius in Vergleich zum äquatorialen relativ zu und war 1872 entschieden der größere. Zur Erklärung dieses Umstandes können instrumentale oder sonstige zufällige Einflüsse nicht herbeigezogen werden, vielmehr sieht Lane Poor das gefundene Ergebnis als tatsächlich an und zieht den Schluß, daß in den Jahren 1870 bis 1872 der Äquatorialdurchmesser der Sonne zuerst zunahm und dann wieder abnahm im Verhältnis zum Polardurchmesser. Veranlaßt durch die Venusdurchgänge 1874 und 1882 haben die zu den damaligen Expeditionen bestimmten deutschen Astronomen eine große Anzahl heliometrischer Messungen des Sonnendurchmessers ausgeführt. Im ganzen sind damals von 23 Beobachtern 2692 einzelne Messungen des Sonnendurchmessers an den für die Expeditionen bestimmten fünf Heliometern gemacht worden. Dr. Auwers hat später diese Messungen sorgfältig diskutiert und daraus als Mittelwert für den Sonnendurchmesser in der mittlern Entfernung von der Erde gefunden 31′ 59.26″ mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.10″. Der Wert für den Polardurchmesser übersteigt den für den Sonnenäquator um 0.038″, ein sehr geringer, kaum zu verbürgender Betrag, den Auwers auf gewisse Beobachtungsfehler zurückführt. Hiernach ist die Sonne als völlig kugelförmig anzunehmen, und diesem Schlusse stimmt auch Newcomb zu. Dr. Lane Poor hat nun die von Prof. Auwers behandelten Messungen des Sonnendurchmessers nicht wie dieser zu einem allgemeinen Mittelwerte zusammengezogen, sondern nach der Zeitfolge geordnet. Er teilt die ganze Menge dieser Messungen in zwei Gruppen: die erste vom September 1873 bis zum Januar 1875, die andere vom Mai 1880 bis zum Juni 1883. Die genaue Untersuchung ergab nun eine allmähliche Zunahme des Polardurchmessers im Verhältnis zum Äquatorialdurchmesser in ähnlicher Weise und Größe wie bei den Rutherfurdschen Aufnahmen 1871 bis 1872. Die zweite Reihe, die Jahre 1880 bis 1883 umfassend, zeigte das umgekehrte Verhältnis: der Äquatorialdurchmesser wird zunehmend größer im Verhältnis zum Polardurchmesser.

Dr. Lane Poor war in der Lage, auch eine Anzahl Sonnenaufnahmen zu untersuchen, die in den Jahren 1893 und 1894 von Dr. H. C. Wilson auf dem Northfield-Observatorium (Minnesota) erhalten

worden. Die Zahl dieser Platten ist nicht groß, allein sie deuten doch auf eine zunehmende Verkürzung des Äquatorialdurchmessers im Verhältnis zum Polardurchmesser hin.

Dr. Lane Poor stellt nun das Verhalten der beiden Sonnendurchmesser mit der Fleckenhäufigkeit der Sonnenoberfläche zusammen. Ein Maximum der Flecke trat in dem letzten Teile von 1870 ein, dann nahm die Fleckenzahl ab bis 1876. In den Jahren 1870 bis 1871 zeigen die Rutherfurdschen Aufnahmen, daß der Äquatorialdurchmesser der Sonne zunahm, aber von da bis 1876 trat nach diesen Aufnahmen und ebenso nach den Heliometermessungen, ein Zusammenziehen des Äquatorialdurchmessers im Verhältnis zum Polardurchmesser ein. Von 1880 bis 1883 nahm die Zahl der Sonnenflecken wieder zu, und während dieser Zeit nahm auch der Äquatorialdurchmesser wieder zu im Verhältnis zum Polardurchmesser. Indessen war das Fleckenmaximum 1883 kaum halb so groß als jenes von 1870, und man könnte erwarten, daß jetzt auch die Änderungen im Sonnendurchmesser weniger beträchtlich seien als damals. Dies wird durch die Beobachtungen durchaus bestätigt. Ein drittes Maximum der Sonnenflecke trat Ende 1893 ein, und während des Jahres 1894 nahm die Zahl der Flecke wieder rasch ab. Die Northfieldplatten zeigen, daß während dieser Periode der äquatoriale Durchmesser der Sonne im Verhältnis zum polaren ebenfalls abnahm.

Aus diesen Tatsachen schließt Dr. Lane Poor, daß das Verhältnis des polaren zum äquatorialen Radius der Sonne veränderlich ist, und zwar in einer Periode, die mit der Periode der Sonnenflecke übereinstimmt. „Die Sonne“, sagt er, „scheint eine vibrierende Kugel zu sein, deren äquatorialer Durchmesser im allgemeinen den polaren um ein geringes übertrifft, zuzeiten dagegen verändert sich dieses Verhältnis so, daß der polare Durchmesser größer wird als der äquatoriale.“

Schließlich bemerkt Dr. Lane Poor, daß in dieser veränderlichen Gestalt der Sonne möglicherweise die Ursache der in den Bewegungen des Merkur, der Venus und des Mars vorhandenen und bis jetzt unerklärlichen Anomalie zu finden ist. Daneben dürften sich jene periodischen Veränderungen der Sonnenkugel aber auch in der Intensität der Sonnenstrahlung widerspiegeln, also in meteorologischen Erscheinungen. Wahrscheinlich ist die Veränderung der Sonnenkugel die primäre und die Zunahme der Flecken die von ihr abhängige sekundäre Erscheinung.

Über die Temperatur der Sonne macht Dr. R. Lucas einige Bemerkungen.[1]) In neuester Zeit ist zur Bestimmung hoher Temperaturen ein Verfahren verschiedentlich[2]) angewendet worden, welches

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4012.

[2]) Holborn und Kurlbaum, Akad. d. Wiss., Berlin 1901. p. 712. — Lucas, Diss. 1903. p. 8. — Nernst, Phys. Zeitschr. 1903. **4**. p. 733.

sich durch große Einfachheit der Handhabung auszeichnet und fundamentale Bedeutung für die Beleuchtungstechnik besitzt. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, aus der photometrischen Gesamthelligkeit auf die Temperatur des glühenden Körpers zu schließen. Während man sich zuerst damit behalf, das rapide Ansteigen der Helligkeit mit der Temperatur durch eine interpolatorische Potenzregel auszudrücken, ist neuerdings durch E. Rasch das Gesetz der photometrischen Strahlung gefunden und an den experimentellen Daten geprüft worden.[1]) Das Gesetz lautet:

$$\log \text{nat}\, \Phi = C - \frac{K}{T},$$

wobei C und K Konstanten, Φ, T Helligkeit und Temperatur in absoluter Zählung bedeuten.

Für die Gesamtlichtstärke des schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen, ausgedrückt in Hefnerkerzen (HK) liegen folgende Daten vor:

1 Quadratmillimeter schwarzer Strahlung sendet aus:

		Beobachter
bei 1175°	0.0024 HK	Lummer und Pringsheim
,, 1325	0.0220 ,,	Lummer und Pringsheim
,, 1435	0.0635 ,,	Lummer und Pringsheim
,, 1780 (Platin-Schmelzpunkt)	0.91 ,,	Nernst

Es erschien daher von Interesse, unter Benutzung dieses Gesetzes aus der Gesamthelligkeit der Sonne die effektive Sonnentemperatur zu berechnen.

Allerdings haben nur wenige Forscher die Ermittlung der photometrischen Helligkeit der Sonne zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht, und die erhaltenen Resultate sind nicht einwandfrei.[2]) Neuerdings hat jedoch Charles Fabry[3]) in der Erkenntnis der großen Unsicherheit und Ungenauigkeit des vorhandenen Materials unter Benutzung der modernen exakten Methoden ausführliche Messungen angestellt. Hiernach ergibt sich das Resultat, daß 1 Quadratmillimeter der Sonnenscheibe normal eine Lichtintensität aussendet, welche nach der Absorption durch die Atmosphäre der von 1800 Dezimalkerzen[4]) gleicht. Die Helligkeit der Sonnenscheibe ist hierbei als gleichmäßig betrachtet; offenbar stellt der obige Wert ein Minimum dar und damit auch der unten angegebene Wert für die Sonnentemperatur.“

---

[1]) E. Rasch, Annalen der Physik 1904. **14.** p. 194.

[2]) cf. G. Müller, Die Photometrie der Gestirne.

[3]) Compt. rend. **87.** 973 (1903).

[4]) Die Dezimalkerze DK wurde mit der Hefnerkerze HK verglichen und 1 DK = 1.13 HK gefunden.

Setzt man den von Fabry gefundenen Wert von 1800 Dezimalkerzen, gleich 2034 Hefnerkerzen, in die Formel ein, so ergibt sich die Sonnentemperatur rund zu 5000°, in gutem Einklange mit den auf andern, davon unabhängigen Wegen gefundenen Werten.

Die Periode der Sonnenrotation, nach Sonnenfleckmessungen zu Greenwich 1879 bis 1901 ist von E. Walter Maunder und A. S. D. Maunder untersucht worden.[1]) Das dieser Untersuchung zugrunde liegende Material ist viel größer, wie solches in frühern andern Untersuchungen zu Gebote stand. Von 4700 Gruppen von Sonnenflecken, die während der angegebenen Zeit katalogisiert worden sind, sind nur Gruppen benutzt worden, die sechs oder mehrere Tage andauerten, im ganzen 1872 Gruppen. Auch wurde aus Gründen der Symmetrie die letzte Gruppe des 1879 auslaufenden Zyklus und die erste desjenigen, der 1901 begann, ausgeschlossen. So blieben zwei ganze Sonnenfleckenzyklen, welche mit den Ziffern 1 und 2 bezeichnet wurden, im ersten trat das Maximum der Flecken 1883, im zweiten 1893 ein. Werden, wie in dieser Untersuchung, die Flecken in schmale Zonen der heliographischen Breite geordnet, so bleibt keinerlei Zweifel, zu welchem der beiden Zyklen eine gegebene Gruppe gehört. Das vorhandene Material wurde in zweierlei Weise behandelt, einmal indem jede Sonnenfleckgruppe unabhängig von ihrem spätern Wiedererscheinen behandelt wurde, dann in bezug auf das Wiedererscheinen der gleichen Gruppe nach zwei oder mehrern Sonnenrotationen. In jedem Falle wurde die Gruppe stets als Ganzes betrachtet und als Kriterium der Zulässigkeit nur der Umstand betrachtet, daß sie wenigstens an sechs aufeinanderfolgenden Tagen sichtbar und nicht weiter als 70° vom Meridian der Mitte der Sonne entfernt war. Der Ausdruck Periode der Sonnenrotation ist natürlich nicht wörtlich zu verstehen, sondern nur in dem Sinne, daß damit die durch die eigene Bewegung der Flecken beeinflußte scheinbare Rotationsdauer unter der gegebenen heliographischen Breite bezeichnet wird. Bei den Messungen wurde der früher von Carrington angegebene Wert für die siderische Rotationsdauer der Sonne zugrunde gelegt. Derselbe beträgt 25.38 Tage, und ihm entspricht eine tägliche siderische Winkelbewegung von 851.06′. Mit dieser Konstanten wurde für jeden Tag die scheinbare Bewegung (Drift) der Länge jeder Gruppe verglichen und deren Veränderung entsprechend der heliographischen Breite festgestellt. In vier Tabellen geben die Verfasser die erhaltenen Resultate, nach Zonen von 5° Breite, die jedoch je 2.5° übereinander greifen, so daß jede Gruppe zweimal in Rechnung kommt (mit Ausnahme derjenigen in den beiden äußersten Halbzonen). Die angegebenen Gewichte sind proportional der Anzahl der Tagesintervalle für jede Gruppe.

---

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. Nr. 8. p. 813.

Rotationsperiode
für die verschiedenen Zonen der heliographischen Breite.

Breite	Zahl der Gruppen	Gewicht	Scheinbare tägliche Drift in Länge	Mittlere Dauer d. synodischen Rotation	Tägl. siderische Bewegung	Mittlere siderische Rotationsdauer	Berechnete siderische Rotationsdauer	Differenz zwischen Beobachtung u. Rechnung
°			′	d	′	d	′	′
+ 35	2	12	— 46.3	28.97	804.8	26.84	821.7	— 16.9
32½	3	21	23.6	28.11	827.4	26.11	828.4	— 1.0
30	11	71	18.7	27.94	832.3	25.95	834.7	— 2.4
27½	36	212	11.6	27.68	839.4	25.73	840.2	— 0.8
25	66	400	7.4	27.53	843.6	25.61	846.4	— 2.8
22½	115	703	— 0.4	27.29	850.7	25.39	851.7	— 1.0
20	167	1018	+ 7.6	27.02	858.6	25.16	856.5	+ 2.1
17½	188	1174	13.6	26.82	864.6	24.98	860.9	+ 3.7
15	241	1587	14.3	26.79	865.4	24.96	864.7	+ 0.7
12½	291	1934	15.8	26.74	866.9	24.92	868.0	— 1.1
10	246	1592	19.7	26.61	870.8	24.81	870.7	+ 0.1
7½	154	987	23.0	26.50	874.1	24.71	872.9	+ 1.2
5	99	629	26.0	26.41	877.0	24.63	874.4	+ 2.6
+ 2½	63	392	28.1	26.34	879.1	24.57	875.4	+ 3.7
0	41	256	25.2	26.43	876.2	24.65	875.7	+ 0.5
— 2½	70	453	23.3	26.49	874.4	24.70	875.4	— 1.0
5	148	957	20.6	26.58	871.7	24.78	874.4	— 2.7
7½	240	1570	18.2	26.66	869.3	24.85	872.9	— 3.6
10	289	1874	17.4	26.69	868.4	24.87	870.7	— 2.3
12½	294	1867	15.8	26.74	866.8	24.92	868.0	— 1.2
15	277	1740	12.8	26.84	863.8	25.00	864.7	— 0.9
17½	252	1573	8.6	26.98	859.6	25.13	860.9	— 1.3
20	188	1195	5.4	27.09	856.4	25.22	856.5	— 0.1
22½	110	696	+ 1.4	27.23	852.5	25.34	851.7	+ 0.8
25	69	422	— 5.6	27.47	845.5	25.55	846.4	— 0.9
27½	44	273	7.7	27.56	843.3	25.63	840.2	+ 3.1
30	24	150	11.8	27.69	839.2	25.74	834.7	+ 4.5
32½	9	50	26.8	28.23	824.3	26.21	828.4	— 4.1
— 35	3	12	— 33.7	28.49	817.4	26.43	821.7	— 4.3
sämtliche Flecke	1871	11915	+ 13.1	26.83	864.17	25.00	—	—
Carrington	—	—	—	27.275	851.06	25.38	—	—

In einer zweiten Tabelle geben die Verfasser die Anzahl der Sonnenfleckgruppen, geordnet in Zonen von 5° Breite und nach der ihrer Bewegung zukommenden synodischen Rotationsdauer. Letztere variiert zwischen 23.4 und 31.2 Tagen.

Anzahl der Sonnenfleckgruppen geordnet in Zonen von 5° Breite und nach der Dauer der ihrer Bewegung entsprechenden Rotation.

Synodische Rotationsdauer	über + 35°	+ 35° bis + 30°	+ 30° bis + 25°	+ 25° bis + 20°	+ 20° bis + 15°	+ 15° bis + 10°	+ 10° bis + 5°	+ 5° bis 0°	0° bis − 5°	− 5° bis − 10°	− 10° bis − 15°	− 15° bis − 20°	− 20° bis − 25°	− 25° bis − 30°	− 30° bis − 35°	unter − 35°
23.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—
2	—	—	—	—	2	—	1	—	—	2	—	1	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	1	1	—	2	1	2	1	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	3	—	1	2	3	1	—	1	1	—	—
8	—	—	—	—	2	2	3	1	1	1	3	2	—	—	—	—
25.0	—	—	1	3	2	2	2	2	3	4	3	6	—	—	—	—
2	—	—	—	1	3	5	4	4	2	6	6	1	1	—	—	—
4	—	—	—	1	5	5	2	2	1	4	13	3	—	1	—	—
6	—	—	1	3	4	12	7	1	3	5	5	8	2	1	—	—
8	—	—	1	1	9	12	15	4	2	5	13	9	2	—	—	—
26.0	—	—	—	4	6	12	10	10	2	12	14	9	8	1	—	—
26.2	—	—	2	4	7	23	16	1	5	25	16	16	7	1	—	—
4	—	—	1	5	15	21	14	10	6	19	24	14	4	—	—	—
6	—	1	3	8	15	23	7	9	15	26	26	14	9	2	—	—
8	—	—	2	3	14	31	26	9	7	20	30	16	7	4	1	—
27.0	—	—	—	7	25	41	17	8	6	42	41	23	8	1	—	—
2	—	—	1	13	25	39	15	—	5	26	37	38	12	2	—	—
4	—	—	2	15	18	29	8	1	1	19	23	33	5	4	1	—
6	—	—	3	12	22	7	—	—	2	5	13	19	14	4	—	1
8	—	—	4	11	5	9	3	—	1	5	4	16	13	6	1	—
28.0	—	—	4	5	4	4	1	—	1	5	4	2	3	7	—	—
2	—	—	2	5	3	2	2	—	2	2	3	4	7	2	1	—
4	—	—	3	5	2	1	—	—	1	2	4	3	5	3	1	—
6	—	2	2	1	—	2	—	—	—	1	2	1	—	—	1	—
.8	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	2	6	1	1	1	—
29.0	—	—	1	3	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—
29.2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	1	—
4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—
30.0	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Außer diesen wichtigsten Tabellen geben die Vf. noch mehrere andere und fassen endlich die Ergebnisse ihrer Untersuchung in folgende Sätze zusammen:

1. Carringtons Rotationsperiode der Sonne entspricht nicht den heliographischen Breiten zwischen 10° und 15°, wie er angenommen hat, sondern wird erhalten aus den Einzelbewegungen der Fleckengruppen in 22.5° Breite, dann von wiederkehrenden Fleckengruppen in 20° Breite.

2. Carringtons Periode entspricht nicht dem Mittelwerte aller Flecke, sondern ist beträchtlich größer als dieser.

3. Eine abweichende Rotationsdauer wird erhalten, wenn man die Bewegungen beim Erscheinen einer Gruppe besonders behandelt und ebenso bei Flecken von langer Dauer.

Diese letztern (wiederkehrenden) Flecken geben eine etwas längere und mehr unter sich übereinstimmende Rotationsdauer als die separat behandelten Gruppen.

4. Die verschiedenen Rotationsperioden sind nicht symmetrisch zum Äquator, die Zone der kürzesten liegt nördlich von demselben.

5. Die Rotationsdauer der verschiedenen Flecken in der nämlichen Breitenzone ist bei den einzelnen Gruppen mehr voneinander verschieden als die mittlere Rotationsdauer unter verschiedenen Breiten.

6. Flecken von kurzer Dauer haben die Tendenz, eine kürzere Rotationsdauer zu haben, als solche von längerer Dauer.

7. Es ist kein Anzeichen vorhanden einer fortschreitenden Änderung der mittlern Rotationsdauer während des elfjährigen Fleckenzyklus, außer derjenigen, welche von dem Zuge der Fleckentätigkeit aus höhern und niedrigern Breiten herrührt.

8. Die Vergleichung der Rotationsperiode der einzelnen Gruppen während der beiden Sonnenfleckenzyklen deutet auf eine kleine Verkürzung der Periode für die nördliche Hemisphäre, während die südliche keine solche Änderung zeigt, jene ist wahrscheinlich zufällig.

9. Werden die langdauernden (wiederkehrenden) Flecken in Betracht gezogen, so ist eine kleine Retardation der Rotationsperiode vom 1. bis 2. Zyklus angedeutet, sowohl bei den Flecken der nördlichen als der südlichen Hemisphäre.

Spektroskopische Bestimmung der Umdrehungsdauer der Sonne. Prof. Dunér hat vor mehr als 15 Jahren zuerst den Versuch gemacht, mit Hilfe des Spektroskops aus den Verschiebungen der Spektrallinien am Sonnenrande die Geschwindigkeit der Umdrehungsbewegung der Sonne in verschiedenen Abständen vom Äquator derselben zu bestimmen. Diese Untersuchungen hat er in den Jahren 1899 bis 1901 mit demselben Spektroskop am Refraktor der Sternwarte zu Upsala wiederholt und erweitert. Die Anzahl der einzelnen Beobachtungen ist sehr groß, und den Endresultaten darf man deshalb, ungeachtet der Schwierigkeiten dieser Art von Messungen, eine beträchtliche Genauigkeit zusprechen. Prof. Dunér teilt jetzt die Ergebnisse seiner sämtlichen Untersuchungen mit.[1]) Er hat die Beobachtungen in fünf Gruppen zusammengezogen und für jede die mittlere heliographische Breite und die ihr entsprechende

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3994.

Rotationsgeschwindigkeit der betreffenden Sonnenregion in Kilometern abgeleitet, ebenso den täglichen Rotationswinkel ξ oder den Bogen, um welchen sich die betreffende Zone der Sonnenoberfläche innerhalb 24 Stunden dreht. Dividiert man also den Kreisumfang (360°) durch den täglichen Rotationswinkel, so erhält man die Dauer einer vollständigen Rotation in Tagen und deren Dezimalteilen. In der nachstehenden Tabelle bezeichnet φ die heliographische Breite, v die entsprechende Umdrehungsgeschwindigkeit in Kilometern pro Sekunde und ξ den entsprechenden täglichen Rotationswinkel.

φ	v	ξ
0.4°	2.08	14.77°
15.0	1.97	14.48
30.0	1.70	13.95
45.0	1.27	12.75
60.0	0.81	11.50
75.0	0.39	10.70

Man ersieht hieraus, wie bedeutend die Rotationsgeschwindigkeit und Rotationsdauer in den Gegenden des Sonnenäquators von denjenigen in der Region nahe den Polen der Sonne verschieden ist. Nahe unter dem Äquator beträgt die Rotationsdauer

$$360° : 14.77° = 24.37 \text{ Tage,}$$

unter 75° Breite

$$360° : 10.70° = 33.66 \text{ Tage.}$$

Diese Ergebnisse stimmen mit denjenigen, welche aus den Beobachtungen der Sonnenflecke abgeleitet wurden, genügend überein, sie sind aber um so wertvoller, als Flecke in der äquatorialen Region der Sonne und ebenso in hohen Breiten auf derselben, nicht vorkommen.

Untersuchungen über die Sonnenatmosphäre in den verschieden übereinandergelagerten Schichten derselben, hat bekanntlich seit mehrern Jahren M. G. Deslandres angestellt. Er gibt jetzt eine detaillierte Beschreibung der von ihm angewandten Instrumente und der erhaltenen Resultate.[1]) Hiernach ist beim gegenwärtigen Zustande der Forschung das Hauptobjekt der Sonnenbeobachtungen die tägliche Erforschung der Chromosphäre in allen ihren Dampfschichten, auf der uns gerade zugewandten Seite des Sonnenballes. Bis zum Jahre 1892, sagt Deslandres, war die Chromosphäre, welche aus allen tiefern und hauptsächlich gasförmigen Schichten der Sonnenatmosphäre besteht, nur sehr unvollkommen bekannt. Das Studium derselben beschränkte sich naturgemäß auf denjenigen Teil, welcher sich für uns außerhalb des Sonnenrandes darstellte und seit 1868 am Spektroskop direkt gesehen werden konnte. Der bei weitem größere Teil der Chromosphäre vor der Sonnenscheibe blieb unserer

[1]) Bulletin Astronomique 1905. **22.** p. 305. 337.

Beobachtung verborgen. Gegenwärtig aber kann dieser wichtige Teil mit Hilfe der Photographie ebenso leicht entschleiert werden, als derjenigen über dem Sonnenrande und die Protuberanzen. Die neue Methode findet auch auf die tiefsten Teile der Chromosphäre, welche als die „umkehrende Schicht“ bekannt sind, Anwendung, die für gewöhnlich am Rande der Sonnenscheibe im Spektroskop gar nicht gesehen werden kann. Die Methode ist überhaupt anwendbar auf alle Dämpfe der Sonnenatmosphäre, welche eine Emissions- oder Absorptionslinie im Spektroskop zeigen, und weiter auf alle verschiedenen Schichten eines und desselben glühenden Dampfes, soweit sie sich durch die verschiedenen Breiten einer und derselben Spektrallinie dokumentieren. Dieses Ergebnis, zu welchem Deslandres im großen und ganzen von 1892 bis 1894 bereits gelangte, wurde erhalten durch das methodische Studium des photographischen Sonnenspektrums und die Anwendung spezieller registrierender Spektrographen, welche durch Isolierung einer bestimmten Spektrallinie der Sonne die Gestalt und die radialen Bewegungen der korrespondierenden Dämpfe ergeben. Das Studium dieser Erscheinungen mittels der erwähnten Apparate ist anfangs nur an einer kleinen Anzahl von Observatorien betrieben worden, zu Chicago von Prof. Hale, zu Paris von Deslandres, dann noch an dem Privatobservatorium von Evershed. Erst später haben sich andere Observatorien diesen Beobachtungen angeschlossen. Als Deslandres 1891 seine Untersuchungen begann, war die Chromosphäre vor der Sonnenscheibe der Beobachtung unzugänglich, mit einer Ausnahme, nämlich bezüglich der hellen Strahlungen des Wasserstoffes in den roten Schleiern, welche gewisse Flecken bedecken und den hellen Linien H, K des Kalziums. Letztere hat zuerst Young durch Okularbeobachtungen am Spektroskop längs des Sonnenrandes erkannt, später auch in der unmittelbaren Nähe von Flecken.

In den Jahren 1891 und 1892 fand Deslandres, daß die Kalziumdämpfe vor der Sonnenscheibe leicht wahrgenommen werden können nicht nur über den Flecken, sondern auch über den Fackeln, durch helle, intensive Linien im photographischen Spektrum, welche sich von den dunklen Linien H und K abheben und dabei verdoppelt erscheinen, indem sie von einer feinen schwarzen Linie in der Mitte durchzogen werden. Dieses Ergebnis, mit einem einfachen Spektrographen erhalten, führte dann zur Konstruktion von zweispaltigen Spektrographen mit automatischer Bewegung, separaten Spektroheliographen, um die helle Linie zu isolieren und die Gestalten und radialen Geschwindigkeiten der Dämpfe auf der ganzen sichtbaren Sonnenscheibe zu registrieren. Diesen Apparaten, deren Prinzip übrigens schon bekannt war, liegt folgende allgemeine Anordnung zugrunde. Der Spektrograph ist beweglich senkrecht zur optischen Achse des Fernrohrobjektivs, welches auf dem Spalte des Kollimators (dem ersten Spalt) ein reelles Bild der Sonne erzeugt. In der Ebene

des Spektrums wird ein zweiter Spalt angebracht, welcher die Spektrallinie des Dampfes isoliert, und hinter diesem Spalte eine photographische Platte, die entsprechend der Bewegung des Spektrographen auch beweglich ist. Gibt man dem Spektrographen eine langsame, kontinuierliche Bewegung, so erhält man ein photographisches Bild der Dämpfe in der Sonnenatmosphäre. Behufs Ermittlung der Geschwindigkeiten isoliert der zweite, größere Spalt, außer der hellen Linie auch noch einen kleinen Teil des benachbarten kontinuierlichen Spektrums. Diese neue, im März 1892 zuerst für die ganze Sonnenscheibe angewandte Methode enthüllte eine kontinuierliche Reihe von Dämpfen, welche, einen Fleck umgebend oder diesem vorausziehend, in der Sonnenatmosphäre einen dem Äquator der Sonne parallelen Ring bilden. Um dieselbe Zeit erhielt Prof. Hale in Chicago mit einem andern Apparate ähnliche Resultate. Nachdem er mit dem 2. Spalte die helle Protuberanzlinie K isoliert hatte, fand er helle Regionen nicht nur am äußern Rande der Sonne, sondern auf der Scheibe selbst, und diese hellen Flecken mit den Sonnenfackeln, indem die entsprechenden Dämpfe sich mit den Fackeln vermischten. Daher gab Hale den von ihm erhaltenen Bildern die Bezeichnung Photographien der Fackeln.[1]) Deslandres geht genauer auf die Einzelheiten seiner Arbeiten ein und faßt die Ergebnisse zu Sätzen zusammen. So kam er zu dem Schlusse, daß die durch Isolierung der hellen Kalziumlinie mit dem Spektrographen erhaltenen Bilder die vollständige Chromosphäre der Sonnenscheibe darstellen, so wie man sie sehen würde, wenn sie isoliert am Himmel wäre. Diese Bilder stellen also nicht die Fackeln dar, wie Hale seit 1892 behauptete. Die Fackeln, schrieb schon 1893 Deslandres, sind gewissermaßen das Skelett, über welchem die Dämpfe sich fixieren, indem sie dasselbe bedecken. Die hellen Stellen der Chromosphäre sind aber auch die höhern in der Sonnenatmosphäre, Deslandres hat sie seit 1904 mit dem Namen F a c u l i d e n bezeichnet.

Er bespricht dann die Sonnenbilder, welche von den dunklen Linien des Spektrums erhalten wurden, wobei hauptsächlich die breiten Linien H_1 und K_1 zur Verwendung kamen, aber auch andere dunkle Linien des Eisens, Aluminiums, Kalziums usw. Die erhaltenen Bilder entsprechen der sogenannten umkehrenden Schicht, welche die Basis der Chromosphäre bildet in unmittelbarer Berührung mit der eigentlichen Sonnenoberfläche. Während der Beobachtungen bis 1900 verschwanden die großen hellen Flächen gleichzeitig mit den Fackeln und Flecken, aber das sogenannte chromosphärische Netz mit seinen feinen Maschen blieb bestehen. Mit dem Jahre 1902 begannen die Flecken wieder häufiger zu werden, und gleichzeitig wurde von Hale und Ellermann der große Yerkes-

[1]) Astronomy and Astrophysics 1892 und 1893.



Klein, Jahrbuch XVI. Tafel I.

Die Korona während der Totalität am 30. August 1905 nach dem Anblick mit bloßem Auge in Burgos.

refraktor mit einem entsprechenden Spektroheliographen auf die Untersuchung des hier in Rede stehenden Phänomens angewandt. Über die neuern und verbesserten Apparate Deslandres' muß man das Original nachlesen. Von den von ihm erhaltenen Photographien sind zwei auf Tafel I reproduziert. Die Abbildung A gibt ein Bild der Sonne (der Chromosphäre), welches mit dem Lichte der Kalziumlinie K_2 am 23. Mai 1905 erhalten wurde. B ist ein Bild der umkehrenden Schicht, erhalten mit der Linie von der Wellenlänge $\lambda = 3883$, am selbigen Tage. Dieses letztere stellt also die unterste Region dicht über der eigentlichen Sonnenoberfläche dar.

Die Helligkeitsverteilung des ultravioletten Lichtes auf der Sonnenscheibe wurde von K. Schwarzschild und W. Villiger studiert.[1]) Die Abnahme der Helligkeit auf der Sonnenscheibe von der Mitte nach dem Rande, ist wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen. Aus den letzten Jahrzehnten liegen namentlich drei genauere Messungsreihen vor. Prof. H. C. Vogel[2]) hat im Jahre 1871 aus Aufnahmen auf Chlorsilberpapier die Helligkeitsabnahme für die Gesamtheit der photographisch wirksamen Strahlen bestimmt; im Jahre 1877[3]) hat er sie mit einem Spektralphotometer für eine Reihe von Wellenlängen im sichtbaren Spektrum visuell beobachtet. Prof. Very[4]) hat neuerdings die Helligkeitsverteilung durch das sichtbare Spektrum hindurch und darüber hinaus ins Ultrarot bis zu 1.5 μ mit dem Bolometer verfolgt. Die Untersuchung von Schwarzschild und Villiger dehnt das Wellenlängenbereich nach dem Ultraviolett zu bis zur Wellenlänge 0.32 μ aus. Die benutzte Methode war die folgende: In dem Schottschen Glaswerke zu Jena werden seit einiger Zeit Glassorten (U. V. Glas) hergestellt, die in Schichten von mehrern Zentimetern Dicke gute Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht bis zu einer Wellenlänge von 0.30 μ herab aufweisen; anderseits ist bekannt, daß dünne Silberschichten, die für längere Wellenlängen völlig undurchsichtig und die besten Spiegel sind, etwa in der Gegend von 0.34 μ ziemlich plötzlich ihre Reflexionsfähigkeit verlieren und durchsichtig werden. Prof. R. Straubel kam auf den Gedanken, ein Lichtfilter für ultraviolettes Licht herzustellen, dadurch, daß er solches ultraviolett-durchlässige Glas mit einer dünnen Silberschicht überzog. Für die beabsichtigten Sonnenaufnahmen liefert dieser Gedanke ein außerordentlich einfaches Verfahren, indem nichts weiter nötig war, als das zur Aufnahme dienende Objektiv aus U. V. Glas auf einer oder mehrern (im vorliegenden Falle zwei) Flächen zu versilbern. Bezüglich der Wellenlängen, welche von dem so entstehenden Lichtfilter durchgelassen werden, ergab sich, daß

1) Physikalische Zeitschrift 1905. **6**. p. 737.
2) Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1871.
3) Ebenda 1877.
4) Astrophysical Journal 1902. **16**.

nur ein schmaler Spektralstreif von den Wellenlängen 0.320 bis 0.325 μ durchgelassen wurde, und daß derselbe sich bei starker Überexposition nur auf 0.315 bis 0.327 μ ausdehnte.

Bezüglich der Anordnung der Versuche und der Beobachtungs-, sowie Berechnungsmethode muß auf das Original verwiesen werden. Das Endresultat der Untersuchung ist in folgender Tabelle enthalten. In derselben gibt die letzte Spalte die aus dem Größenklassenunterschied folgende Intensität mit der Intensität J_0 im Zentrum der Sonne als Einheit.

Abstand v. Mittelpunkt	Mittel	$\frac{J}{J_0}$
0.000	0.00m	1.000
0.267	0.06	0.946
0.534	0.21	0.824
0.735	0.43	0.673
0.868	0.71	0.520
0.935	1.00	0.398
0.968	1.29	0.305
0.982	1.46	0.261
0.988	1.58	0.233
0.995	1.73	0.203

Die Bestimmungen haben im ganzen wohl dieselbe Sicherheit wie sie die Vogelschen Messungen im sichtbaren Spektrum besitzen. „Hingegen ist die Helligkeitsabnahme weiter nach dem Rande hin verfolgt, als bei den frühern Beobachtern. Während Very bei 0.95, Vogel bei 0.97 des Sonnenradius stehen bleibt, liegt kein Grund vor, warum man die hier für $x = 0.982$ und 0.988 gewonnenen Zahlen nicht für einen reellen Ausdruck der Sonnenhelligkeit in diesen Abständen vom Mittelpunkte halten sollte. Das gleiche wird man freilich nicht von dem Werte für $x = 0.995$ behaupten dürfen, wo schon Irradiation in der Schicht und Abbildungsfehler des Objektivs vom Betrage einiger Bogensekunden in Betracht kommen. Vergleichen wir nun die Ergebnisse, die für $\lambda = 0.320\ \mu$ gewonnen sind, mit den Resultaten, die Prof. Vogel für Rot und Violett erhalten hat. Das merkwürdige Ergebnis, das sich dabei herausstellt, ist: Während beim Übergange von Rot zu Violett der Abfall der Sonnenhelligkeit durchweg ein stärkerer wird, ist im Ultraviolett der Abfall von der Sonnenmitte weg zwar zunächst auch noch stärker als im Violett, er verlangsamt sich aber bei der Annäherung an den Rand, so daß die Abschwächung dicht am Rande schließlich für das Ultraviolett noch geringer wird als für das Violett.

Dies Verhalten widerspricht völlig der Analogie mit der Erdatmosphäre, deren Absorption bekanntlich außerordentlich rasch nach dem Ultraviolett hin zunimmt. Es tritt dies als neues Faktum hinzu zu der bereits von Prof. Vogel bemerkten Tatsache, daß die Form des Abfalles ebenfalls nicht den in der Erdatmosphäre geltenden Gesetzen entspricht, zumal für das Ultraviolett.

Es liegen zwei Erklärungsversuche für die besondere Form der Kurven vor. Seeliger[1]) schreibt der Sonnenatmosphäre am Boden einen viel stärker von 1 verschiedenen Brechungsexponenten zu, als ihn die Erdatmosphäre besitzt; Schuster[2]) berücksichtigt die Eigenstrahlung der Sonnenatmosphäre. Für beide Fälle ist indessen die Theorie nicht weit genug entwickelt, um eine unmittelbare Vergleichung mit den Messungen in der Nähe des Sonnenrandes zu gestatten."

Die Sonnenfinsternis am 30. August 1905 ist auf der Zone der Totalität von Kanada, über Spanien, Algerien und Tunis bis nach Oberägypten von einer nicht geringen Anzahl wissenschaftlicher Expeditionen mit mehr oder weniger Wetterglück beobachtet worden. Am ungünstigsten waren die Beobachter in Labrador gestellt, auch in Spanien hat Bewölkung viele Anstrengungen vereitelt, am günstigsten war die Witterung in Afrika. Die endgültigen Ergebnisse der einzelnen Beobachtungsexpeditionen werden erst später zur Veröffentlichung gelangen; für jetzt läßt sich nur sagen, daß neue Wahrnehmungen von besonderm Charakter nicht gemacht worden sind.

Beobachtungen in Spanien. Burgos. (Tafel II.) Trotz der Wolken wurden gute Aufnahmen erhalten. Die Korona wurde auch spektroskopisch erfolgreich untersucht. Zu Soria, wo die Astronomen der Sternwarte von San Fernando stationiert waren, konnten gute Beobachtungen erhalten werden. Man sah mit bloßem Auge den Planeten Venus. Zu Alahama, wo die Beobachter der Licksternwarte weilten, war das Wetter ziemlich ungünstig. Die den verschiedenen Stationen von Madrid aus telegraphisch mitgeteilten Zeiten des Anfangs der Finsternis waren vielfach unrichtig (infolge Nachlässigkeit des Telegraphenbureaus).

Algerien. In Guelma beobachtete E. Stephan in Gemeinschaft mit Borrelly unter sehr günstigen atmosphärischen Umständen.[3]) Es wurden nur Okularbeobachtungen angestellt mit Hilfe eines Spiegelteleskops von 0.4 *m* Öffnung und eines Refraktors von 95 *cm* Objektivdurchmesser. Nachdem der letzte Lichtpunkt der Sonnenscheibe verschwunden war, erschien sofort die Korona in ihrer ganzen Pracht. Der zweite Kontakt wurde von beiden Astronomen beobachtet und gleichzeitig das plötzliche, aber vorübergehende Erscheinen eines dünnen Saumes von sehr lebhafter karminroter Farba, der sich nach beiden Seiten vom Berührungspunkte etwa 40° erstreckte und eine glatte äußere Oberfläche darbot; nach 2 bis 3 Sekunden war er vom Monde bedeckt. Gleichzeitig waren etwas weiter

---

[1]) Sitzungsbr. der bayr. Akademie der Wissenschaften **21.** München 1891.

[2]) Astrophysical Journal **16.** 1902.

[3]) Compt. rend. 1905. **141.** p. 579.

im Norden drei prächtige Protuberanzen erschienen, die auf einer Schicht von Protuberanzmasse ruhten, welche teilweise unter dem roten Saume lagerte. Sie hatten eine etwas dunkle korallenrote Farbe und waren oben gezackt; die höchste fast am Äquator liegende erreicht 2 bis 3′; sie waren sehr ruhig und zeigten, während der Mond sie langsam bedeckte, keine Veränderung. Weitere Protuberanzmassen wurden auf dem ganzen Umfange der Mondscheibe nicht gesehen.

Die weiße, glänzende Korona hatte eine Höhe von 5 bis 6′, in den von der Sonne entferntern Teilen war sie von perlgrauer Farbe. Anfangs schien sie in ihrer ganzen Ausdehnung fast gleichförmig und erstreckte sich in der Richtung des Äquators zu beiden Seiten des Mondes anderthalbmal so weit, als der Durchmesser des letztern, im Osten etwas weiter als im Westen. Die Depressionen an den Polen waren wenig ausgesprochen. Schwach fadenförmige Strahlen hoben sich nur schlecht vom Reste ab und verloren sich, dunkler werdend, unmerklich am Himmel. Bei längerer Betrachtung einzelner Teile konnte man jedoch Partien erkennen, von denen einige ungefähr Blumenblättern ähnlich waren, wodurch die Korona der von Liais im Jahre 1858 beschriebenen ähnlich wurde. Diese Abteilungen blieben nicht beständig, und die Verschiedenheit benachbarter Teile in Helligkeit und Farbe schien während der Totalität sich zu ändern.

Nach dem zweiten Kontakte hatte Stephan auf den ersten Rand zurückgeblickt, dort aber nichts Besonderes wahrgenommen. Kurz vor dem dritten Kontakte entdeckte er aber daselbst eine beträchtliche farbige Masse, aus der sich eine große Protuberanz erhob. Ihre Farbe war weniger lebhaft als die der Protuberanzen am Ostrande, aber die Masse selbst höher, wahrscheinlich betrug sie 3 bis 4′. Borrelly glaubt, die Entstehung dieser Protuberanz beobachtet zu haben, denn 16 bis 17 Sekunden vor dem dritten Kontakte sah er ein Bündel heller, strohgelber Strahlen bis zur Grenze der Korona sich erheben.

Die drei Protuberanzen hat Borrelly während der Totalität mit bloßem Auge gesehen; ferner Venus, Merkur, Regulus, Arctur und die sechs hellen Sterne des großen Bären. Zwischen Merkur und Regulus hat er mit dem Fernrohre weder einen Planeten, noch einen Kometen entdecken können. Die Sterne B. A. C. 3622 und 3649 Leonis von 6. und 7.5 Größe waren von der Korona bedeckt und unsichtbar. Nach dem Wiedererscheinen des Sonnenlichtes konnte Borrelly noch die große Protuberanz des ersten Randes sehen, die erst 20 Sekunden später erlosch, die Korona sah er 45 Sekunden und den aschfarbenen Mond noch 2 Minuten nach der Totalität. Stephan konnte, während der aschfarbene Mond nach dem dritten Kontakte sich über die Korona wegschob, diese noch 2 Minuten und 35 Sekunden nach dem Ende der Totalität wahrnehmen.

In Sfax war die Totalität gut zu beobachten. Die englischen Beobachter widmeten ihre Aufmerksamkeit hauptsächlich dem

untern (der Sonnenoberfläche nächsten) Teile der Korona. Die Italiener beschäftigten sich hauptsächlich mit dem Studium des Spektrums. Der Abbé Moreux von dem Observatorium in Burgos bestimmte lediglich die Ausdehnung der Korona. Die Temperatur sank während der vollständigen Verfinsterung auf 27°. Viele der Eingeborenen wurden durch die Finsternis, obgleich sie vorher von dem kommenden Ereignisse unterrichtet worden waren, in Furcht versetzt und flohen Hals über Kopf aus der europäischen Stadt nach den arabischen Vierteln, wo zahlreiche Weiber mit allen möglichen Gegenständen einen heillosen Skandal machten, um die bösen Geister zu vertreiben. Die Moscheen waren gefüllt mit betenden Mohammedanern.

Tripolis. An den Beobachtungen bei Tripolis nahmen drei verschiedene Expeditionen teil, eine amerikanische, eine italienische und eine französische. Die Führer dieser Gruppen waren David Todd vom Amherst College, Professor Millesovich von Rom und Monsieur Libord (?) aus Paris. Die totale Verfinsterung wurde bei klarer Atmosphäre beobachtet. Sie dauerte 3 Minuten 4 Sekunden. Die Schattenbänder auf dem Erdboden waren besonders deutlich, sie begannen 10 Minuten vor der Totalität. Die Korona war gleichmäßig entwickelt ohne lange Strahlen. Professor Todd machte eine große Anzahl von Photographien mittels seines automatischen Apparats zum Photographieren der Korona.

Ägypten. Aus Assuan wird gemeldet, daß die Beobachtung der Sonnenfinsternis bei bestem Wetter stattfand. Die Korona war von mäßiger Größe. Die Totalität dauerte 2 Minuten 24 Sekunden Der längste Strahl der Korona wurde in südöstlicher Richtung gesehen. Er hatte eine Länge von etwa 1½ Sonnendurchmessern.

Planeten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1904. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[1]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte (bis Anfang Februar 1905) als neu entdeckt eingereiht worden:

Bezeichnung		Entdeckung					
517	MH	1903	Sept.	22	von	Dugan	Königstuhl
520	MV		Okt.	27	,,	Wolf u. Götz	Königstuhl
521	Brixia	1904	Jan.	10	,,	Dugan	Königstuhl
522	NC		,,	10	,,	Wolf	Königstuhl
523	ND		,,	27	,,	Dugan	Königstuhl
524	NN		März	14	,,	Wolf	Königstuhl
525	NO		,,	14	,,	,,	Königstuhl
526	NQ		,,	14	,,	,,	Königstuhl

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft **40**. p. 74.

Bezeichnung		Entdeckung				
527	NR	März	20	„	Wolf	Königstuhl
528	NS	„	20	„	„	
529	NT	„	20	„	„	
530	NV	April	11	„	„	
531	NW	„	12	„	„	
532	Herculina	„	20	„	Götz	
533	NZ	„	19	„	Dugan	
534	OA	„	19	„	„	
535	OC	Mai	7	„	„	
536	OF	„	11	„	G. H. Peters	Washington
537	OG	Juli	7	„	Charlois	Nizza
538	OK	„	18	„	Götz	Königstuhl
539	OL	Aug.	2	„	Wolf	
540	ON	„	3	„	„	
541	OO	„	4	„	„	
542	OQ	„	15	„	Götz u. Kopff	
543	OT	Sept.	11	„	Götz	
544	OU	„	11	„	„	
545	OY	Okt.	3	„	„	
546	PA	„	10	„	„	
547	PB	„	14	„	„	
548	PC	„	14	„	„	
549	PK	Nov.	15	„	Wolf	
550	PL	„	16	„	„	
551	PM	„	16	„	„	
552	OP	Dez.	14	„	„	
553	PP	„	27	„	„	

Außer diesen mußten 22 anscheinend neue Planeten wegen ungenügender Beobachtung bei der Berechnung der Elemente unberücksichtigt bleiben. Die im vorjährigen Berichte an letzter Stelle genannten sechs Planeten haben inzwischen folgende Nummern erhalten:

LY = (513), MB = (514), ME = (515),
MG = (516), MO = (518), MP = (519).

Mit Namen versehen sind nachträglich die in frühern Berichten noch nicht benannten Planeten:

(394)	Arduina	(447)	Valentine	(451)	Patientia
(442)	Eichsfeldia	(448)	Natalie	(460)	Scania
(443)	Photographica	(449)	Hamburga	(499)	Venusia
(446)	Aeternitas	(450)	Brigitta	(509)	Jolanda

Die Hauptelemente der für die neuen Planeten berechneten Bahnen sind:

	☊		i		φ		a	Berechner
(517)	277°	38.6′	3°	10.0′	10°	6.1′	3.13	Kohlschütter
(520)	34	59.9	11	0.3	6	0.3	3.01	Götz
(521)	90	25.5	10	29.5	16	16.4	2.74	Millosevich
(522)	119	47.4	3	27.3	10	23.6	3.90	Lassen
(523)	262	8.3	4	18.8	10	8.3	2.97	Berberich
(524)	327	1.5	8	11.7	6	24.0	2.64	„
(525)	125	50.1	3	15.1	21	46.7	3.34	P. V. Neugebauer

	☊		i		φ		a	Berechner
(526)	136	28.9	2	4.8	7	43.8	3.11	Hessen
(527)	120	41.3	9	40.0	8	38.8	2.73	P. V. Neugebauer
(528)	51	44.6	12	42.8	1	8.1	3.40	Berberich
(529)	65	48.5	11	3.7	5	45.1	3.02	P. V. Neugebauer
(530)	130	4.4	8	26.0	10	27.3	3.23	,,
(531)	197	43.9	34	33.1	10	54.7	2.80	Berberich
(532)	108	17.2	16	22.3	10	5.9	2.77	Götz
(533)	180	39.3	6	23.3	3	26.0	2.99	P. V. Neugebauer
(534)	93	35.7	3	19.5	5	47.8	2.88	Bauschinger
(535)	84	40.7	6	48.1	1	51.2	2.57	Dugan
(536)	60	51.3	19	24.1	5	38.2	3.50	Strömgren
(537)	121	19.7	9	46.4	13	3.6	3.07	P. V. Neugebauer
(538)	142	19.6	6	36.4	9	22.7	3.16	,,
(539)	275	33.1	6	47.3	12	20.3	2.74	,,
(540)	201	56.6	5	33.3	5	3.1	2.22	,,
(541)	268	25.4	5	57.5	2	33.6	2.82	P. V. Neugebauer
(542)	153	31.4	12	2.3	8	13.6	2.90	Berberich
(543)	296	35.4	8	26.9	9	2.0	3.06	,,
(544)	298	48.0	8	19.0	8	37.6	2.59	,,
(545)	334	48.4	11	9.5	10	25.9	3.19	,,
(546)	21	59.1	14	45.1	6	58.3	2.61	Berberich
(547)	193	24.9	16	56.7	13	46.1	2.77	,,
(548)	107	45.7	3	55.6	10	48.2	2.31	,,
(540)	292	20.0	3	55.7	14	55.7	2.69	,,
(550)	271	0.1	10	6.7	12	38.7	2.59	,,
(551)	8	52.3	0	26.2	7	6.5	2.96	Berberich
(552)	268	45.3	7	26.0	4	4.0	3.16	,,
(553)	71	55.0	5	17.1	6	21.7	2.22	,,

„Besonders bemerkenswert sind unter diesen Elementen", sagt Lehmann, „diejenigen des Planeten (522), welcher in seinem Aphel dem Jupiter außerordentlich nahe kommen kann. Die Planeten, welche überhaupt eine größere Annäherung an Jupiter erreichen, sind:

(517)	mit Δ_0 =	1.75	J = 1.9°
(522)	,,	0.48	4.7
(523)	,,	1.82	3.1
(525)	,,	0.94	4.5
(526)	,,	1.59	3.2
(530)	,,	1.50	9.6,

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann, und J die Neigung der Bahnebene des Planeten gegen diejenige des Jupiter.

Der Erde verhältnismäßig nahe kommen können die Planeten

(521)	mit Δ =	1.00	zur Oppositionszeit	Nov.	6
(548)	,,	0.89	,, ,,	Dez.	1
(549)	,,	1.01	,, ,,	Dez.	18
(553)	,,	0.99	,, ,,	Dez.	2

Größere Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei den Planeten

(530)	☊ = 130.1°	i = 8.4°	φ = 10.5°	a = 3.23
(52)	130.0	7.4	6.5	3.09
(534)	☊ = 93.6	i = 3.3	φ = 5.8	a = 2.88
(274)	93.8	3.7	7.1	3.04
(452)	92.9	3.2	1.2	2.85
(540)	☊ = 201.9	i = 5.6	φ = 5.1	a = 2.22
(189)	203.5	5.1	2.1	2.45
(543)	☊ = 296.6	i = 8.4	φ = 9.0	a = 3.06
(507)	295.2	9.6	5.8	3.16

Von den 20 Planeten (495) bis (503), (506) bis (511) und (513) bis (517), welche seit dem letzten Berichte zum ersten Male seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (498), (502), (503), (507), (510), (511), (514) und (516) in der zweiten Erscheinung beobachtet; von den Planeten (487) und (490) ist die Beobachtung in der zweiten Erscheinung nachträglich nach Abschluß meines vorjährigen Berichtes bekannt geworden.

Von ältern, bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(498)	in	der	3.	Erscheinung
(488)	,,	,,	8.	,,
(485)	,,	,,	3.	,,
(472)	,,	,,	3.	,,
(467)	,,	,,	4.	,,
(450)	,,	,,	5.	,,
(438)	,,	,,	4.	,,
(436)	,,	,,	6.	,,
(428)	,,	,,	6.	,,
(411)	,,	,,	7.	,,
(355)	,,	,,	10.	,,
(319)	,,	,,	12.	,,

Von den Planeten (488), (498) und (507) sind inzwischen noch Beobachtungen, welche vor der anfänglich angegebenen Entdeckungsepoche liegen, als solche erkannt worden.

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1904 entdeckten, ist nunmehr auf 104 angewachsen."

Die Gesamtzahl der kleinen Planeten mit genügend bekannten Bahnelementen betrug Anfang Februar 1905 553.

Beobachtungen des Mars während der Opposition von 1903 hat P. B. Molesworth angestellt. [1]) Diese Opposition war nicht sehr günstig, insofern die Scheibe des Planeten während der größten Annäherung an die Erde nur 14.6″ groß erschien. Dagegen bot die

[1]) Monthly Notices 1905. **65.** p. 825.

Richtung der Marsachse eine günstige Lage der nördlichen Hemisphäre, und der geringe Durchmesser der nördlichen Schneezone gestattete, die Details der Oberfläche bis in große Nähe des Poles wahrzunehmen. Das Frühlingsäquinoktium der nördlichen Marshemisphäre trat ein 1902, August 12, die Sonnenferne des Mars fand statt 1903, Januar 13, das Sommersolstitium der nördlichen Hemisphäre 1903, Februar 27, die Opposition des Planeten 1903, März 29 und das Herbstäquinoktium seiner Nordhemisphäre am 28. August. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum vom 13. Februar bis 7. Juni. Gelegentliche Beobachtungen wurden auch in den Monaten Juli, August und September angestellt. Die angewandte Vergrößerung war durchweg 450 fach. Während der Beobachtungszeit wurden 104 Zeichnungen des Aussehens der Marsscheibe entworfen, von denen Major Molesworth die sechs besten veröffentlichte, um das typische Aussehen des Mars im Jahre 1903 zu versinnlichen. Von diesen sind zwei hier auf Tafel III reproduziert. Die erste zeigt den Mars April 7 4^h 13^m m. Zt. von Greenwich, als der Meridian von 247° auf der Mitte der Scheibe stand. Das Zentrum der Scheibe entspricht auf dem Mars der nördlichen Breite von 23.4°. Der helle Doppelfleck unten ist der nördliche Polarfleck. Von diesem aufwärts gegen die Mitte der Scheibe hin sieht man einen matten runden Fleck (Nubis Lacus), von dem nach unten hin rechts zwei Kanäle (Casius) auslaufen, die mit zwei großen matten Flecken (Copais Lacus) endigen. Sie werden dort von einem matten Doppelstreifen (Boreosyrthis) geschnitten, der aus einem größern runden Flecke (Coloë Palus) herkommt. Anderseits läuft von Nubis Lacus ein langer bogenförmiger Kanal (Alcyonius), der eine halbmondförmige helle Fläche (Aetheria) umschließt, sich nach aufwärts wendet und dort einen dunklern hakenförmigen Streifen trifft, dessen Spitze einen dunklen rundlichen Fleck (Trivium Charontis) zeigt. Die helle einförmige Fläche, welche sich hier zeigt (Elysium), ist nach rechts hin durch einen leichten Strich abgegrenzt. Ein gerader dunkler Kanal (Cyclops) führt aufwärts (südwärts) zu einem dunklen Doppelbogen (Mare Cimmerium), über dem ein langer schmaler bogenförmiger Strich die Grenze des Mare Tyrrhenum bezeichnet. Der große dunkle, gegen Süden spitzig auslaufende Fleck nahe dem rechten Rande ist Syrthis major; sie zeigt links an der hervorragenden Spitze einen kleinen runden Fleck (Lacus Moeris), von dem ein matter Kanal gegen das Mare Tyrrhenum ausläuft.

Die zweite Abbildung stellt den Mars dar April 2 4^h 0^m m. Greenwicher Zeit. Man sieht nahe der Mitte der Scheibe Syrthis major, darunter den runden Fleck Coloë Palus und von diesem nach rechts bis gegen den Rand der Scheibe hin sich verlaufend den mächtigen Protonilus. Ein zweiter, größerer, rundlicher Fleck schräg unter Coloë Palus und mit diesem durch einen breiten Kanal verbunden, ist Copais Lacus. Von ihm läuft ein langer bogenförmiger Streifen

aus, der sich links nach oben zieht und mehrere dunklere Stellen aufweist, es ist Casius. Der matte schmale Kanal, welcher vom Coloë Palus rechts schräg aufwärts zieht und von zwei andern Kanälen senkrecht durchschnitten wird, ist Phison, er endigt oben in der Spitze des Sinus Sabaeus.

Von Verdopplung der Kanäle hat der Beobachter wenig wahrgenommen; am deutlichsten schienen ihm solche zu bestehen bei Boreosyrthis (April 2 bis 5), Cerberus (April 14), Nilosyrthis (April 4 und 5). Casius hält er nicht für einen Kanal in dem angenommenen Sinne des Wortes, sondern mehr für einen mit dunklen Flecken besetzten Randteil von Utopia. Am Rande und an der Lichtgrenze wurden verschiedene Male kleine helle Hervorsprünge gesehen und längs der Lichtgrenze eine Art Dämmerungssaum. Der Beobachter hebt besonders hervor, daß zu Marsbeobachtungen gute Luft und vollkommene Definition der Bilder unumgänglich erforderlich ist. Das Aussehen des Planeten in den besten Nächten sei vollständig verschieden von denjenigen in weniger (nicht vollkommen) guten Nächten, auch bei gleicher Vergrößerung. Dunkle Streifen, die in letztern aber gleichförmig und gerade erscheinen, lösen sich in den besten Nächten in sehr komplizierte Strukturen, und es werden dann ganz unerwartete Details sichtbar. Solche vorzügliche Nächte sind aber auch auf Ceylon selten, es genügen dann aber eine oder zwei, um auch den skeptischsten Beobachter von der objektiven Realität der meisten sogenannten Kanäle zu überzeugen. Das auf dem Mars sichtbare Detail teilt der Beobachter wie folgt in Klassen ein: 1. Polarflecken, 2. dunkle Polarstreifen (Marshes), 3. Meere oder Seen, 4. Kontinente, 5. Halbtöne, 6. Kanäle, 7. Oasen. Die Formen 3, 4 und 5 gehen durch unmerkliche Zwischenstufen ineinander über, so daß keine strenge Grenze zwischen ihnen gezogen werden kann. Unter den Kanälen gibt es verschiedene völlig gesonderte Erscheinungen, die unter der gleichen Benennung zusammengeworfen werden: Große, knotige Striche, dunkle Flächen von beträchtlicher Ausdehnung mit dunklen Ecken, breite gleichförmige Streifen, unregelmäßige Begrenzungen von dunklen Flächen, schmale, gut definierte Streifen und feine an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehende Linien, alle diese Formen werden gleichmäßig Kanäle genannt. Dies ist indessen mindestens unwissenschaftlich, da es doch nach Ansicht von Molesworth möglich sein sollte, diese Gestalten in wissenschaftlicherer Weise voneinander zu sondern. Er schlägt deshalb folgende allgemeine Unterscheidung des Marsdetails vor:

A. Kontinente, B. Meere, C. Kanäle (in Ermanglung eines geeignetern Wortes). Die Seen und Halbtöne, welche auf den Kontinenten auftreten, gruppiert er unter B, und die Halbtöne in den Meeren unter A. Die Unterabteilungen würden folgende sein:

A. Kontinente: 1. Helle kontinentale Flächen, zum Teil von sehr dunklen Meeren umrandet. (Beispiele: Edom, Gryse.)

2. Kontinentale Flächen mit schwacher Umrandung, im allgemeinen dargestellt durch eine leichte Änderung des Tones (z. B. Amazonis, Eden).

3. Flächen, welche durch bestimmte Streifen mit oder ohne Änderung des dunklen Tones begrenzt werden (z. B. Dioscura, Cydonia).

4. Schattierte Flächen, von bestimmten Streifen umrandet (z. B. Titania, Utopia).

5. Halbtöne, in der Begrenzung mehr oder weniger rechtwinklig und in den Meeren auflebend (z. B. Hesperia, Atlantis).

6. Schwach schattierte Flächen ohne klare Ränder (z. B. der nördliche Teil von Thaumasia).

B. Meere: 1. Große gefleckte Meere von unregelmäßiger Gestalt (z. B. Syrthis major).

2. Längliche Meere, mehr oder weniger rechtwinklig in ihren Umrissen, bisweilen verdoppelt auftretend (z. B. Mare Cimmerium, Sinus Sabaeus).

3. Abgetrennte große Seen, im Umrisse rundlich oder oval (z. B. Lacus Solis).

4. Abgetrennte kleine Seen, rundlich oder oval (z. B. Siloë Fons).

5. Große, abgetrennte, unregelmäßige Seen (z. B. Mare Acidalium).

6. Kleine unregelmäßige Seen (z. B. Oxia Palus).

7. Halbtöne mit dunkler Umrandung, auf den Kontinenten auftretend (z. B. Ceraunius, Nilokeras).

C. Kanäle: 1. Große unregelmäßige Streifen, die bisweilen verdoppelt erscheinen (z. B. Cerberus, Protonilus).

2. Breite, verwachsene Streifen, bisweilen sich verdoppelt zeigend (z. B. Tamona, Gigas).

3. Schmale gleichförmige Streifen (z. B. Laestrygon, Gihon).

4. Schmale gleichförmige Linien (Lowells Kanäle).

5. Unregelmäßige, dunkle Umrandungen von Halbtönen (z. B. Casius, Granicus).

6. Streifenförmige Ränder von Halbtönen (z. B. Pierius, Deuteronilus).

7. Ränder von Halbtönen ohne bestimmte dunkle Streifen (z. B. Poros, Cantabias).

In mehrern Fällen zeigen sich Übergänge der verschiedenen Klassen ineinander, und für diese schlägt Molesworth die Bildung von Zwischenabteilungen vor. So könnte z. B. Cerberus als B_2 - C klassifiziert werden. Dieser Vorschlag verdient ernstliche Beachtung.

Was die Verdopplung der Kanäle anbelangt, so ist Molesworth der Überzeugung, daß eine solche in dem Sinne, daß aus einer schmalen feinen dunklen Linie plötzlich zwei deutlich voneinander getrennte neue Linien entständen mit allen Eigentümlichkeiten der ersten,

überhaupt nicht vorkommt. Die Fälle von Verdopplung, die er auf dem Mars gesehen hat, kamen gewöhnlich bei einer Formation vor, die in die Unterabteilung C_1 und C_2 der obigen Klassifikation fallen. In der ersten Abteilung ist das Phänomen, wie Maunder 1892 gezeigt hat, streng analog dem Vorkommen von Aufhellungen, welche in den Zentren der kleinen Meere (Klasse B_2) auftreten. In der zweiten Abteilung erscheint der Kanal selbst bei bester Definition als breiter, gleichförmiger Streifen, aber unter den allergünstigsten Umständen erkennt man, daß dieser Streifen an jeder Seite mit einer etwas dunklern Linie berandet ist. Eine plötzliche Änderung in der Position der dunklen Ränder findet nicht statt, und die Verdopplung zeigt sich im allgemeinen nicht bei den feinsten Details. Dagegen weist der Beobachter auf die Tatsache hin, daß in vielen Regionen des Mars unter den verschiedenen Kanälen ein strenger Parallelismus unzweifelhaft besteht. Als solche Systeme von Parallelkanälen führt er beispielsweise an: Iris, Sirenum, Titan, Laestrygon, Cyclops, Auranthes, dann Araxes, Gorgon, Brontes, ferner Tartarus, Antaeus von zahlreichen andern zu schweigen. Solche parallele Kanäle, besonders mit etwas Abschattung zwischen sich, geben leicht das Aussehen einer Doppelteilung. Hierdurch erklärt sich die Tatsache, daß ein Kanal zu gleicher Zeit, aber von verschiedenen Beobachtern als schmal und einfach, als breit und einfach und als verdoppelt bezeichnet worden ist. Im ersten Falle wurde von zwei benachbarten Kanälen nur einer gesehen, der feinere und die Abschattierung dazwischen aber nicht, im zweiten Falle wurde nur die Abschattierung, aber nicht die beiderseitigen dunklen Grenzlinien wahrgenommen, während im dritten der Beobachter diese beiden dunklen Grenzlinien bemerkte, aber nicht den Schatten zwischen ihnen. Wenn man erwägt, daß es sich hier um die allersubtilsten Wahrnehmungen handelt, so kann man der gegebenen Erklärung wohl beipflichten. Daß die größere Mehrzahl der sogenannten Kanäle tatsächlich existiert, davon ist Molesworth persönlich völlig überzeugt, wenngleich er zugibt, daß die feinsten davon nicht gerade genau die Gestalt besitzen, welche wir ihnen zuschreiben. In den besten Momenten erschienen sie ihm als streifig, aber nicht als strenge Linien. Er stimmt Maunder darin bei, daß das Aussehen derselben für uns zustande kommt dadurch, daß das Auge eine große Zahl von Fleckchen aneinander reiht, die einzeln zu klein sind, um wahrgenommen zu werden. Die Versuche von Maunder, Lane und andern mit künstlichen Scheiben haben die Möglichkeit gezeigt, daß die Marskanäle in gewissen Fällen nur optische Täuschungen sind. Diese Versuche sind aber von einigen so gedeutet worden, als wenn sie klar nachwiesen, daß alle Marskanäle nur Illusionen seien. Letzteres ist aber keineswegs durch jene Versuche erwiesen. Wenn aber, wie Maunder ausführt, immer gewisse Details da sind, die aber nur zu klein sind, um einzeln wahrgenommen zu werden, so muß man sich fragen,

wo endigt die Realität, und wo beginnt die Illusion? Es ist, bemerkt Molesworth, absurd, solche dunkle Streifen wie Cerberus, Ganges, Nilosyrthis und Agathodämon als Illusion auszugeben, sie sind vielmehr ebenso real wie die Streifen des Jupiter und bei günstiger Stellung auf der Marsscheibe und guter Luft selbst für verhältnismäßig mäßige Instrumente höchst leichte Objekte. Ist es nun nicht vernünftig, anzunehmen, daß bei Anwendung größerer Instrumente und stärkerer Vergrößerungen bei guter Luft ähnliche, aber feinere Details sichtbar werden, völlig so real als jene zwei, und daß ein sorgfältiges Studium des Planeten deren Anzahl vergrößern wird? In diesem Falle wird die Illusionshypothese sichtlich nur auf wenige unter der großen Anzahl von Objekten Anwendung finden. Die von Antoniadi vertretene Kontrasthypothese mag für gewisse feine Details der Marsscheibe zulässig sein, aber wenn sie bis ins Extrem ausgedehnt wird, erscheint sie als gefährliches Argument. Sie führt dann dazu, flüchtigen Skizzen des Mars dieselbe Bedeutung beizumessen als sorgfältigen Zeichnungen, die auf ausgedehnten Studien des Planeten beruhen, gemäß der Folgerung, daß letztere das Auge anstrengen und optische Täuschungen erzeugen. Bis jetzt haben indessen alle erfahrenen Planetenbeobachter auf langes und andauerndes Studium des Aussehens derselben den höchsten Nachdruck gelegt, und schwerlich wird man zugeben können, daß infolge dieser sorgfältigen Untersuchungen das Auge mehr zur Illusion neige. Wendet man die Kontrasthypothese auf das Detail der Jupiterscheibe an, so müßte man schließen, daß auch dort die dunklen und hellen Streifen und Fleckchen in den großen Streifen Täuschungen seien, was doch kein Beobachter zugeben würde, um so weniger, als manche dieser Details auch auf photographischen Aufnahmen sich zeigen. Was aber beim Jupiter recht ist, sollte für den Mars billig sein.

Eine spektrographische Untersuchung der Marsatmosphäre hat auf dem Lowellobservatorium V. M. Slipher ausgeführt nach einer von P. Lowell angegebenen Methode.[1]) Dieselbe bestand darin, die Wasserdampflinien im Spektrum der Erdatmosphäre mit den Linien an den nämlichen Stellen des Marsspektrums zu vergleichen. Wenn diese Linien im letztern dem Wasserdampfe der Marsatmosphäre angehören, müssen sie infolge der Umlaufsbewegung des Mars und seiner Rotation gegen die irdischen Linien etwas verschoben sein, besonders kurz vor der Opposition des Planeten. Ob diese Verschiebung freilich in den spektralphotographischen Aufnahmen erkennbar sein werde, muß sich erst aus den Versuchen ergeben. Solche sind von Slipher während der Marsopposition von 1902 bis 1903 ohne Erfolg, dann mit besser geeigneten Platten in den Monaten Januar, Februar und März 1905 angestellt worden.

1) Lowell Observatory Bulletin Nr. 17.

Das Maximum der relativen Bewegung des Mars gegen die Erde betrug im letzten Falle 18.7 *km* pro Sekunde und diesem entspricht auf den Platten eine Verschiebung der Linien von nur 0.0075 *mm*. Es wurden vier Spektrogramme des Mars erhalten und auf jede Platte zum Vergleiche auch das Spektrum des in gleicher Höhe am Himmel stehenden Mondes aufgenommen. Von den erhaltenen Platten waren zwei gut, und ihre Prüfung unter dem Mikroskop ergab keine Linie im Mars- und im Mondspektrum, welche mit Sicherheit dem Wasserdampfe zugeschrieben werden könnte, doch waren schwache Spuren von Linien an der Stelle, welche im Spektrum der Erdatmosphäre von dem sogenannten „Regenbande" eingenommen wird, in beiden Spektren zu sehen. Die relative Verschiebung der Linien der beiden Spektren war auch höchst unbedeutend, es schien auch, als wenn die Vorderseite des dem Sauerstoffe angehörigen Bandes A mit den planetarischen Spektrallinien verschoben sei. Dies ließe vermuten, daß dasselbe teilweise der Marsatmosphäre angehöre, aber es zeigte keine Verstärkung und Verbreiterung, die dementsprechend zu erwarten wäre. Ähnliche Aufnahmen wurden vom Spektrum der Venus gemacht und das Sonnenspektrum zum Vergleiche herbeigezogen; auch hier blieben die Ergebnisse unsicher. Später wurden noch zwei gute Spektrogramme des Mars erhalten, aber die genaue Untersuchung derselben durch Lowell und Slipher ergab keinerlei Abweichung derselben vom Mondspektrum in bezug auf die dunklen Linien. Doch ist das kontinuierliche Spektrum des Mars im orangeroten Teile intensiver als die betreffende Partie des Mondspektrums, während in der Nähe der Linie E das Umgekehrte stattfindet. Die Ergebnisse dieser Aufnahmen sind daher im allgemeinen negativ, und man kann nach P. Lowell nur schließen, daß Wasserdampf auf der beleuchteten Seite der Venus nicht, und in der Marsatmosphäre nur äußerst spärlich vorhanden ist.

Der kleine Planet Eunomia (15) zeigt nach den Beobachtungen auf der Harvardsternwarte[1]) regelmäßige Lichtschwankungen, deren Periode 0.1267 Tag beträgt, doch ist es möglich, daß die Periode auch doppelt solang ist, und die Intervalle zwischen den aufeinanderfolgenden Minimis abwechselnd länger und kürzer sind. Prof. Pickering bemerkt, es sei schwer, hierfür eine theoretische Ursache anzugeben. Merkwürdig ist, daß die Periode des Lichtwechsels bei dem Planetoiden Iris ein ähnliches Verhalten zeigt und entweder 0.1295 Tag oder doppelt solang ist.

Fleckenbeobachtungen des Jupiter auf der Sternwarte zu Königsberg sind von Prof. Hermann Struve am 13-zölligen Refraktor der Königsberger Sternwarte ausgeführt worden.[2]) Diese Arbeit ist um

[1]) Harv. Coll. Obs. Circular Nr. 94.
[2]) Abhandlungen der Kgl. Preuß. Akad. der Wissensch. vom Jahre 1904.

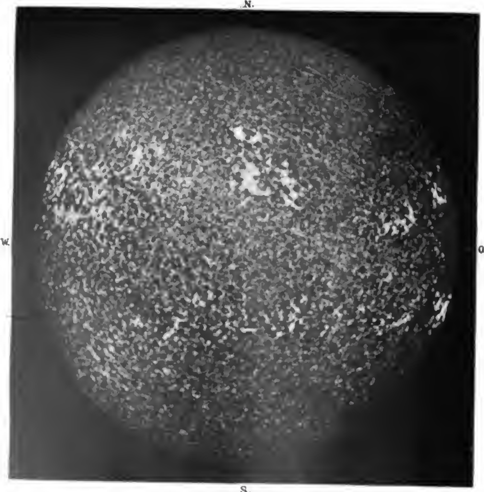
so wichtiger, als die Ortsbestimmungen der Flecke durch Mikrometermessungen und eine genaue mathematische Behandlung derselben, festgestellt wurden, Umstände, die sich bei den meisten andern Untersuchungen dieser Art nicht finden. „Mit nur wenigen Ausnahmen," sagt Prof. Struve, „bestehen die bisherigen Fleckenbeobachtungen am Jupiter in Schätzungen der Konjunktionszeiten der Flecke bezüglich der Mitte der Scheibe. Von geübten Beobachtern angestellt, besitzen solche Beobachtungen eine nicht unerhebliche Genauigkeit und haben in den letzten Jahrzehnten zu interessanten Aufschlüssen über die Bewegungsverhältnisse auf dem Planeten geführt. Gleichwohl wird es keinem Zweifel unterliegen, daß Mikrometermessungen noch eine erheblich größere Genauigkeit in den Ortsbestimmungen der Flecke erreichen lassen und sich ganz besonders zur Untersuchung der Bewegung der kleinen Flecke und gut definierten Lichtpunkte, die stets in größerer Zahl auf dem Planeten vorhanden sind, eignen. Aber auch bei den weniger deutlichen, schwachen Objekten, zu denen gegenwärtig auch der rote Fleck gehört, bei Flecken mit unsymmetrischer Form oder bei Grenzlinien ist es immerhin ein Vorzug der Mikrometermessungen, daß sie nicht in solchem Grade wie die Schätzungen von persönlichen Auffassungsfehlern abhängig sind. Überdies lassen sich Messungen jederzeit ausführen, sobald die Flecke dem Rande des Planeten nicht zu nahe gerückt sind, dabei häufiger wiederholen. Bei den vorliegenden Messungen am 13-zölligen Refraktor, die zum Teile unter wenig günstigen Umständen, bei niedrigem Stande des Planeten und mit schwacher Vergrößerung erhalten sind, hat sich bei den gut definierten Objekten schon eine recht befriedigende Genauigkeit erreichen lassen. Unter günstigern Bedingungen und mit größern Fernrohren wird man aber zweifelsohne die Genauigkeit der Ortsbestimmungen noch ganz wesentlich steigern können und damit eine zuverlässigere Grundlage für die Erkenntnis der Bewegungen auf dem Planeten, der sie bedingenden Ursachen, sowie für die Ableitung der Rotationszeit gewinnen."

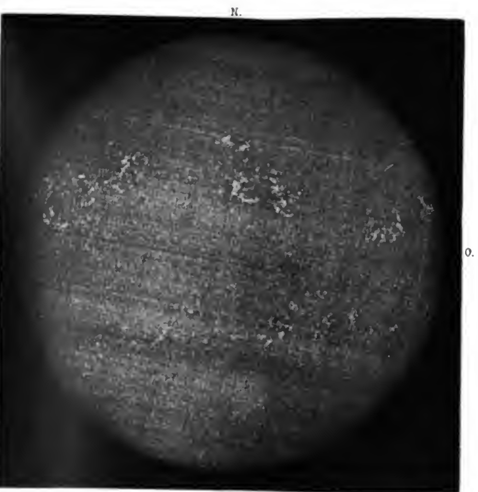
Die Beobachtungen geschahen während der Opposition des Jupiter im Jahre 1903, während der Monate September bis Dezember; in einem Nachtrage behandelt Prof. Hermann Struve auch die von ihm im August und September 1904 angestellten Beobachtungen. Die Planetenscheibe war während der Opposition 1903 von vier dunkeln Streifen, die immer sichtbar waren, durchzogen. In zwei schematischen Abbildungen, welche übrigens nur zur Orientierung dienen sollen und keinen Anspruch auf genaue Wiedergabe einzelner Details machen, bezeichnet Prof. Struve, mit dem nördlichsten Streifen beginnend, diese mit II, III, IV, V. „Die beiden mittlern Äquatorstreifen III, IV erschienen am deutlichsten und dunkelsten in rotbrauner Färbung, die beiden äußern II, V waren grau und hatten ein matteres Aussehen. Der südliche Äquatorstreifen IV

war den Messungen zufolge 3″ bis 4″ breit, die andern drei waren schmäler, nur etwa 1″ bis 2″ breit. Am gleichförmigsten und schärfsten begrenzt erschien während des ganzen Zeitraumes der Beobachtungen von Mitte September bis Mitte Dezember der Streifen III, an dessen Rändern nur zuweilen geringe Einbuchtungen erkannt werden konnten, jedoch nie so deutlich, daß sie durch Messungen genau hätten festgelegt werden können. Auch der Streifen II blieb im ganzen unverändert und zeigte nur ausnahmsweise kleine Vorsprünge. Lichtpunkte oder helle Flecke, abgesehen von Schattierungen, wurden weder auf diesen Streifen, noch überhaupt auf der nördlichen Hemisphäre bemerkt. Etwas nördlich von III, in etwa 1″ Abstand, war eine fein punktierte dunkle Linie sichtbar und auf dieser mehrere schmale dunkle Flecke 1″ bis 1.5″ lang, von denen namentlich drei deutlicher hervortraten. Ferner war auf der nördlichen Hemisphäre unterhalb II in der Regel noch ein schmaler Streifen I sichtbar, der sich nicht über den ganzen Planeten erstreckte, sondern aus einzelnen ziemlich gut begrenzten Abteilungen bestand und einige dunklere und breitere Partien aufwies. Nördlicher als I wurde nur an einem Tage ein etwas verschwommener dunkler Fleck gesehen.

Mehr Detail zeigte die südliche Hemisphäre des Planeten. An der nördlichen Begrenzung des breiten Streifens IV war eine große Zahl dunkler Flecke, Einbuchtungen und Vorsprünge zu erkennen; die Flecke, meist länglich in der Richtung der Streifen, hoben sich durch besonders dunkle, zuweilen tiefschwarze Farbe deutlich von der Begrenzungslinie ab und waren mitunter auch durch eine feine Lichtlinie von der letztern getrennt. Die südliche Begrenzung von IV war dagegen, von der Partie des roten Fleckes abgesehen, ziemlich gleichförmig, hatte aber auf der einen Seite des Planeten eine ziemlich ausgebreitete Erhebung, welche den Zwischenraum zwischen IV und V merklich einengte. Dieser Erhebung genau entsprechend, erschien das Intervall zwischen IV und V, im übrigen zu den hellsten Partien des Planeten gehörend, von einem matten hellgrauen Schleier bedeckt, welcher die Streifen IV und V miteinander zu verbinden schien. Innerhalb des Streifens IV waren gewöhnlich hellere Rinnen oder Kanäle von unregelmäßigem Verlaufe bemerkbar, die in der Form und mit der Zeit vielfach wechselten. An einzelnen Tagen konnten auch helle runde Flecke oder Lichtpunkte, ungefähr von der Größe der Trabantenscheibchen, etwas länglich und weniger scharf innerhalb IV gesehen werden, von denen insbesondere zwei zu erwähnen wären, welche nach kurzer Sichtbarkeit Ende September verschwanden und erst nach 2½ Monaten wieder deutlich hervortraten.

Auf dem südlichen Streifen V waren häufig kleine Erhebungen und Spitzen zu erkennen. Außerdem zeichnete sich dieser Streifen durch eine größere Zahl heller Lichtpunkte aus, die gleich über dem Streifen an dessen südlicher Begrenzung lagen und in den Streifen





Sonnenphotographie von H. Deslandres, aufgenommen am 23. Mai 1905.

Aussehen der Chromosphäre. Aussehen der umkehrenden Schicht.

einschnitten. Sie erinnerten im Aussehen an die hellen Scheibchen der Trabanten und waren bei guter Luft sehr deutlich zu sehen und bis nahe an die Grenzen der Scheiben zu verfolgen."

Der rote Fleck hat gegenwärtig ein sehr verblaßtes Aussehen. Ob seine Sichtbarkeit während der letzten Jahre zugenommen hat, wie von einzelnen Beobachtern behauptet wird, läßt Prof. Struve dahingestellt sein. „Die Umrisse desselben waren verhältnismäßig am deutlichsten auf der östlichen und nördlichen Seite zu erkennen, auf der westlichen und südlichen Seite schien ein leichter Schleier über das Ende ausgebreitet, auf der südlichen kam außerdem der obere Streifen V dem Rande des Fleckes sehr nahe. Sehr hell erschien die den roten Fleck umgebende Bai, welche ein Kreissegment aus dem Streifen IV ausschneidet. Am nachfolgenden Ende der Bai, an der südlichen Seite von IV war stets eine Spitze zu bemerken, welche mit am schärfsten einzustellen war. Auf dem westlichen Ende war die Bai ohne Spitze ziemlich gleichmäßig abgerundet. Sehr auffallend war ferner der Unterschied in der Farbe von IV auf der östlichen und westlichen Seite der Bai: die östliche Seite sehr dunkel, rotbraun; die westliche mattgrau. Die Grenze der dunkeln Partie zog sich von der östlichen Spitze längs der Bai bis zu deren Mitte und weiter in geringer Krümmung bis zur nördlichen Seite von IV hin, wo die Ausläufer derselben gelegentlich noch sehr dunkle Flecke zeigten.

Die Mikrometermessungen erstreckten sich nur auf solche Objekte, welche hinreichend deutlich erschienen, um scharfe Einstellungen mit dem Mikrometerfaden zu ermöglichen. Es waren dies:

1. die dunklen Flecke auf I, sowie die Grenzen der Abteilungen, aus denen I zusammengesetzt war;

2. die schmalen dunklen Flecke auf der punktierten Linie, nördlich vom Streifen III;

3. die dunklen Flecke und Einbuchtungen an der nördlichen Begrenzung von IV;

4. die Lichtpunkte innerhalb des Streifens IV;

5. die Grenzen des großen Schleiers zwischen den Streifen IV und V;

6. die Lichtpunkte und Erhebungen an der südlichen Begrenzung von V;

7. der rote Fleck und die Spitze auf IV am östlichen Ende der Bai."

Prof. Struve entwickelt in seiner Abhandlung nun zunächst die mathematischen Formeln, nach denen sich aus den Messungen der scheinbaren Positionen der Flecke auf der Planetenscheibe ihre wahren Längen und Breiten auf der Jupiteroberfläche berechnen lassen. Dadurch wird es weiter möglich, die zu verschiedenen Zeiten mehrfach beobachteten Flecke sicher zu identifizieren und ihre Bewegung für eine bestimmte Epoche abzuleiten. Als Umdrehungszeit

des Jupiter wurde 9^h 55^m 40.6^s angenommen (nach Marth). Es wurden bei der speziellen Untersuchung zusammen sieben Gruppen von Flecken und Lichtpunkten in den einzelnen Streifen unterschieden, die Abhandlung enthält bezüglich derselben alle Einzelheiten der Messungen. Hier genügt es, die Ergebnisse dieser Beobachtungsreihe mitzuteilen, wie sie Prof. Struve zusammenstellt, nebst den von ihm gemachten Bemerkungen, wozu besonders die Beobachtungen des roten Fleckes Anlaß geben. Ein vollständiges Bild über die Bewegungen auf der Oberfläche des Planeten können natürlich Beobachtungen, die nur einen Zeitraum von wenigen Monaten umfassen, nicht geben.

„1. Die in derselben jovizentrischen Breite gelegenen, auch im Aussehen einander ähnlichen Flecke haben näherungsweise die gleiche Bewegung parallel dem Äquator gezeigt. Es gilt dies sowohl hinsichtlich der dunklen Flecke in der 1. und 2. Gruppe, wie auch hinsichtlich der Lichtpunkte in der 4 und 6. Gruppe. Man wird daher anzunehmen haben, daß die in derselben Breite gelegenen Flecke auch näherungsweise demselben Niveau angehörten und derselben in einer schmalen Zone um den Planeten sich herumziehenden Strömung folgten. Mit Ausnahme des Streifens I, dessen Flecke keine merkliche Verrückung gegen das System (II) erkennen ließen, zeigten alle übrigen Flecke rechtläufige, d. h. jovizentrisch östliche Bewegungen bezüglich des Systems (II).

2. Bemerkenswert ist die Übereinstimmung in der Bewegung der Lichtpunkte über V, des Schleiers zwischen IV und V und der Erhebung am Südrande von IV, sowie das Zusammenfallen des einen Lichtpunktes mit dem Ostende des Schleiers, was auf einen ursächlichen Zusammenhang dieser Erscheinungen hindeutet.

3. Auf dem breiten Streifen IV waren nahe beieinander sehr verschiedene Bewegungen vertreten: der dunkle Fleck am Nordrande mit der größten jovizentrisch östlichen Bewegung, die vier Lichtpunkte im Innern des Streifens mit einer gemeinsamen Bewegung, und endlich die Erhebung am Südrande von IV. Von Interesse ist ferner das Verschwinden der Lichtpunkte α, β und das Wiedererscheinen derselben nach einer Pause von zwei Monaten. Wie aus Wahrnehmungen anderer Beobachter hervorgeht, scheint die Hauptmasse des breiten Streifens an der großen rechtläufigen Bewegung des dunklen Fleckes am Nordrande von IV teilzunehmen, während die Lichtpunkte und die mit dem Schleier koinzidierende Erhebung in andern Niveaus liegen.

4. Der rote Fleck hatte während des Zeitraumes dieser Beobachtungen eine sehr geringe, wahrscheinlich rechtläufige Bewegung. Größere Schwankungen, die sich auf etwa 8° beliefen, zeigte die Spitze am Ende der Bai.

5. Der Durchmesser des Planeten folgt aus den Messungen der kleinen dunklen Flecke unter III in Übereinstimmung mit den Re-

sultaten aus Heliometermessungen um etwa 1″ kleiner, als im Mittel aus den Messungen an Refraktoren.

In den höhern Schichten über dem roten Flecke, denen wahrscheinlich die Streifen (Staubwolken vulkanischen Ursprunges?) angehören, scheint eine vorwiegend nach außen gerichtete Strömung zu bestehen, welche den obern rechtläufigen Äquatorialstrom in der breiten Bande IV nach Norden hin ablenkt, ihn zwingt, um den Fleck herumzugehen, und so den Fleck freilegt, während auf der andern Seite des Fleckes die vom Äquator nach Süd abfließende Strömung den Streifen IV wieder verbreitert. Diese Deutung findet eine Stütze in folgenden hier gemachten Wahrnehmungen:

1. der dunklern Färbung des Streifens IV auf der Ostseite der Bai, die sich von der Spitze am Ostende um die Bai herumzog und bis zum Nordrande von IV sich erstreckte,

2. den vielen dunklen Flecken und Einbuchtungen am Nordrande von IV, die auf dem Südrande fast ganz fehlten oder doch viel schwächer waren,

3. dem Aussehen der Spitze am Ostende, welche ein wenig nach oben gekrümmt erschien, und den Verschiebungen dieser Spitze, welche sich den Messungen zufolge als sehr beträchtlich herausgestellt haben.

Im großen und ganzen werden diese Wahrnehmungen auch durch Zeichnungen und Bemerkungen anderer Beobachter bestätigt: auf den meisten Zeichnungen finden sich die dunklen Flecke und Einbuchtungen am nördlichen Rande von IV, auf den meisten ist auch die Spitze auf der Ostseite bemerkt und bisweilen so auffällig nach oben gekrümmt, daß eine andere Deutung als die einer Gegenströmung vom roten Flecke her kaum möglich ist. Die Ursache dieser vorwiegend nach außen gerichteten Strömung über dem Flecke (repelling force) wird man, wie mir scheint, am ungezwungensten durch die Verschiedenheit in den atmosphärischen Verhältnissen (Temperatur, Druck und Dichtigkeit) über dem Flecke und den benachbarten Gebieten zu erklären haben, welche sicher vorhanden sein muß, wenn der rote Fleck einen festen Bestandteil auf der noch nicht erkalteten Oberfläche des Planeten bildet. Jedenfalls erscheint obige Erklärung der Bai wahrscheinlicher als die entgegenstehende Ansicht, daß der rote Fleck einem höhern Niveau der Atmosphäre angehören sollte als die Streifen. Dagegen sprechen vor allem seine Beständigkeit, aber auch die verhältnismäßig nur geringen langsamen Änderungen in seiner Bewegung.“

Im August und September 1904 hatte sich das Aussehen des Planeten gegen die vorige Opposition etwas geändert. „Auf der nördlichen Hemisphäre war der Streifen II, der im vorigen Jahre sehr deutlich hervortrat, verschwunden oder höchstens eine Spur von demselben bei günstiger Luft zu vermuten. Weniger deutlich wie im vorigen Jahre war auch der aus einzelnen Abteilungen be-

3*

stehende Streifen I. Ferner fehlte die punktierte Linie mit den kleinen dunklen Flecken nördlich von III; statt dessen war etwas südlich von III eine ähnliche sehr feine Linie angedeutet. Die Streifen III, IV, V hatten ungefähr dasselbe Aussehen behalten. Über V war noch ein südlicher gelegener Streifen VI erschienen, der während der vorigen Opposition nicht bemerkt worden war. Sehr deutlich zeigten sich wieder eine größere Zahl runder Lichtpunkte an der Südseite von V, ferner die Einbuchtungen und dunklen Flecke an der nördlichen Begrenzung von IV. Auch die Partie des roten Fleckes hatte nur geringe Änderungen erfahren. Der große Schleier zwischen IV und V war seit der letzten Opposition über den roten Fleck hinweggegangen; sein Westende war ebenso deutlich zu sehen wie im vorigen Jahre, während sein Ostende sich bis nahe an den roten Fleck erstreckte und dort im Schatten auf der Westseite der Bai verlor.“

Die im vorherigen Jahre angedeutete Abnahme der Länge des roten Fleckes wurde durch die neuen Messungen bestätigt. Das Westende des Schleiers zwischen IV und V war auch dieses Mal scharf begrenzt, während das Ostende sich bis in die Nähe des roten Fleckes hinzog, und die Grenze dort nicht sicher festzustellen war. Die Bewegung scheint beim Vorübergange des Schleiers vor dem roten Flecke, im Laufe des letzten Sommers, keine merkliche Störung erfahren zu haben. Seit 1901 ist dieser selbe Schleier, wie Prof. Struve nachträglich bemerkt hat, auch von Denning u. a. wiederholt beobachtet worden. Ferner sprechen einige frühere Beobachtungen dafür, daß dieser Schleier schon längere Zeit existiert oder sich aus denselben Ursachen immer wieder erneuert. Ja, es hat sogar den Anschein, daß ein Objekt, welches Barnard während seiner Beobachtungsreihe in Nashville 1880 in der Nähe des roten Fleckes gesehen hat, mit diesem Schleier identisch ist. „Jedenfalls,“ sagt Prof. Struve, „verdient dies merkwürdige Gebilde wegen seiner Beständigkeit und wegen der Vorübergänge am roten Flecke auch in Zukunft besondere Beachtung.“

Der rote Fleck auf dem Jupiter. A. Stanley-Williams hat in den Jahren 1903 und 1904 mit einem 6½-zölligen Spiegelteleskop und an 150-facher Vergrößerung Beobachtungen über den roten Fleck auf der Jupiterscheibe angestellt, indem er die Zeitpunkte festzustellen suchte, wann die Mitte des Fleckes dem Augenmaße nach mitten auf der Jupiterscheibe stand. Aus diesen Schätzungen leitete er eine Rotationsdauer von $9^h\ 55^m\ 41.52^s$ ab. Derselbe Beobachter bestimmte in frühern Jahren aus der Bewegung des nämlichen roten Fleckes die Rotationsdauer wie folgt:

1899:	$9^h\ 55^m\ 42.65^s$
1900:	42.30
1901:	40.92
1902:	39.66

Der rote Fleck war im letzten Jahre etwas besser sichtbar als früher, und seine Umrisse konnten deutlich erkannt werden. Stanley-Williams folgert aus seinen Beobachtungen, daß die Rotationsdauer seit 1902 sich vergrößert habe. W. F. Denning hat den roten Fleck ebenfalls beobachtet und findet für die Mitte des Jahres 1904 eine Rotationsdauer von $9^h\ 55^m\ 38.6^s$, welche kürzer ist als irgend ein anderer Wert derselben, den Denning seit 1884 beobachtet hat. Dies ist also entgegen den Ergebnissen von Stanley-Williams. Auch meint Denning, daß der Fleck gegenwärtig sehr schwach, also sehr schwer zu sehen sei.[1])

Die Rotation der vier hellen Jupitertrabanten. Im Anschluß an frühere Mitteilungen veröffentlichte P. Guthnick,[2]) nach Abschluß seiner Beobachtungen die vorläufigen Resultate aller seiner in dem Zeitraume 1904 Dezember 18 bis 1905 März 24 erhaltenen brauchbaren Helligkeitsbestimmungen der vier ältern Jupitermonde, an einem Zöllnerschen Photometer. „Das Hauptergebnis der Untersuchung,“ sagt er, „ist die Feststellung eines gesetzmäßigen Lichtwechsels bei allen vier Trabanten während des genannten Zeitraumes; die Perioden der Helligkeitsänderungen fallen mit den Umlaufszeiten zusammen, somit ist die Gleichheit von Rotations- und Umlaufszeit bei den vier ältern Jupitertrabanten sehr wahrscheinlich. Ausgeschlossen habe ich von meinen Beobachtungen nur einige Schätzungen des Trabanten IV bei den Anomalien 359° bis 2° wegen allzu großer Jupiternähe, sowie einige Messungen, die durch Wolken verdorben wurden, endlich eine Anzahl Schätzungen von 1904 Dezember 22 bis 1905 Jan. 2, welche in Bonn an einem 2½-zöll. Fernrohre mit 55-facher Vergrößerung erhalten worden waren.“

Von frühern Helligkeitsbestimmungen der Jupitertrabanten seitens anderer Beobachter hat Guthnick diejenigen von Auwers (1858 bis 1860), Engelmann (1870) und Pickering (1877 bis 1878) berücksichtigt. Sie stimmen im allgemeinen gut mit den seinigen überein. Auf einen Punkt weist er besonders hin: „Vergleicht man,“ sagt er, „die Lichtkurven der drei ersten Trabanten untereinander und mit der des vierten, so erkennt man die große Charakterähnlichkeit der drei erstern und den offenbar abweichenden Typus der letztern. Da ein ähnliches Verhältnis bezüglich der Färbung und, wie gleich gezeigt werden wird, bezüglich der Albedo (der lichtreflektierenden Kraft) der Trabanten besteht, so liegt der Gedanke nahe, in der Verschiedenheit des Charakters der Lichtkurven den Ausdruck der Verschiedenheit der physikalischen Verhältnisse auf den Oberflächen dieser Himmelskörper zu suchen. Weitere Schlüsse können aber hier mangels aller analogen Fälle nicht ohne Hilfe spektralana-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3983.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4023.

lytischer Untersuchungen der Trabanten gezogen werden, welche bisher noch auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen.

„Man kann ferner die Lichtkurven dazu benutzen, die ungefähre Helligkeit der Trabanten während ihrer Vorübergänge vor der Jupiterscheibe zu ermitteln und daraus das Verhältnis von Trabantenalbedo und Jupiteralbedo für diesen Moment zu berechnen, was für die Erklärung der Phänomene der hellen und dunkeln Vorübergänge von Bedeutung ist. Man erhält für die Stellungen der Trabanten bei den Vorübergängen in runden Zahlen folgende Helligkeiten der Monde in Sterngrößen: I = 5.7m, II = 5.8m, III = 5.4m, IV = 6.4m. Nimmt man für Jupiter die Halbmesser 99.8″ und 92.6″ (Entfernung = 1), für die Trabanten nach Barnard folgende für die Entfernung 5.20 geltenden Durchmesser an: I 1.048″, II 0.874″, III 1.512″, IV 1.430″, für die mittlere Oppositionshelligkeit des Jupiter nach Müller —2.23m, so erhält man folgende für die Vorübergänge geltende relative Albedowerte, wenn die mittlere Albedo des Jupiter gleich 1 gesetzt wird:

Trabant I = 0.84, II = 1.17, III = 0.53, IV = 0.23.

Die Albedo des Trabanten II ist demnach während des Vorüberganges merklich größer als die mittlere Albedo Jupiters, was im Einklange mit der Tatsache steht, daß dieser Trabant stets helle Vorübergänge hat.“ Die mittlern Helligkeiten der Trabanten hat Guthnick aus den Kurven abgeleitet und erhielt:

Trabant I = 5.59m, II = 5.66m, III = 5.07m, IV = 6.27m.

Diesen Helligkeiten entsprechen die relativen Albedowerte (Jupiteralbedo = 1):

Trabant I = 0.93, II = 1.33, III = 0.72, IV = 0.27.

Endlich sind noch die Maximalwerte der Albedo von Interesse. Die Kurven geben folgende Helligkeitsmaxima:

Trabant I = 5.18m, II = 5.16m, III = 4.74m, IV = 6.10m.

Diesen entsprechen die relativen Albedowerte:

Trabant I = 1.35, II = 2.11, III = 0.97, IV = 0.31.

Es geht aus diesen Werten, sagt Guthnick, hervor, vor allen aus dem letzten von II, daß die angenommene Albedo des Jupiter bedeutend zu groß sein muß, wenn man nicht für die Trabanten I und II die unwahrscheinliche Annahme eigener Lichtentwicklung machen will.

Der 6. und 7. Trabant des Jupiter. In Nr. 78 der Bulletins des Lickobservatoriums geben C. D. Perrine und Frank E. Ross genauere Mitteilungen über die Entdeckung und Beobachtung des 6. und 7. Jupitermondes. Folgendes ist der Hauptinhalt dieser Darlegungen.

Nach Aufstellung des Crossleyreflektors war die sorgfältige

Nachforschung nach schwachen und entfernten Satelliten der Hauptplaneten in den Arbeitsplan für das Instrument aufgenommen worden. Es waren bereits einige Aufnahmen mit der alten Montierung desselben gemacht worden, allein die Ausführung der neuen Montierung unterbrach die Arbeit, bis dieselbe unter wesentlich bessern Umständen in der ersten Hälfte des November 1904 wieder aufgenommen werden konnte.

Die erste photographische Aufnahme der Umgebung des Jupiter geschah am 3. Dezember, und folgende wurden erhalten am 8., 9. und 10. Dezember 1904. Eine Untersuchung dieser Negative enthüllte ein Objekt 15. Größe westlich vom Jupiter, dessen retrograde Bewegung etwas rascher war als die des Planeten selbst. Da ein sehr entfernter kleiner Planet eine ebensolche Bewegung haben konnte, so waren weitere Aufnahmen erforderlich, um den wahren Charakter des Objektes festzustellen. Diese Aufnahmen erfolgten am 2., 3. und 4. Januar 1905, und sie zeigten, daß das Objekt den Jupiter überholt hatte. Am 5. Januar wurde klar, daß dasselbe in der Tat zum Jupitersystem gehörte, und die Entdeckung eines 6. Jupitermondes telegraphisch veröffentlicht.

Weitere Untersuchungen der Platten des 2., 3. und 4. Januar 1905 ließen aber ein noch weit lichtschwächeres Sternchen westlich vom Jupiter erkennen, welches sich ostwärts bewegte und etwas rascher als der 6. Mond desselben. Wegen der großen Lichtschwäche (etwa 16. photograph. Größenklasse) desselben konnten keine Aufnahmen in Mondscheinnächten gemacht werden, und es verging deshalb eine geraume Zeit, bis genügende Aufnahmen vorhanden waren, um über die Natur dieses neuen Objektes keinen Zweifel zu lassen. Der Charakter desselben war außerdem schwieriger festzustellen, als beim 6. Monde, weil der neue Trabant sich in einem für diese Entscheidung ungünstigen Teile seiner Bahn befand. Die Aufnahmen bis zum 21. Februar ließen aber die Abhängigkeit desselben vom Jupiter erkennen, und am 27. Februar wurde die Entdeckung eines 7. Jupitermondes der Welt telegraphisch verkündet. Im ganzen wurden von 1904 Dezember 3 bis März 22 vom 6. Jupitermonde 58 Positionen bestimmt, vom 7. Monde zwischen 1905 Jan. 2 und März 9 24 Positionen. Um aus diesen die Bahnelemente der beiden Monde abzuleiten, wurde zunächst ein graphisches Verfahren eingeschlagen und die einzelnen Positionen mit diesen Bahnen verglichen. Dann wurden auf rechnerischem Wege die wahrscheinlichsten Bahnelemente hieraus abgeleitet. C. D. Perrine, der mit dieser Arbeit beschäftigt war, mußte sie indessen wegen der Vorbereitungen zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis des 30. August aufgeben; sie wurde nun von Dr. Ross zu Washington unter Oberleitung von Prof. Newcomb fortgeführt und vollendet. Hierdurch ist die Trabantennatur der beiden Objekte und ihre Zugehörigkeit zum Systeme des Jupiter über jeden Zweifel erhoben.

Dr. Ross bemerkt bezüglich des 6. Trabanten, daß die von ihm berechneten Bahnelemente jedenfalls der Wahrheit recht nahe kommen, nur die Umlaufszeit sei wegen des kurzen Zeitintervalles, über das die Beobachtungen sich erstrecken, etwas unsicher. Hiernach hat man folgende auf die Ekliptik bezogenen Bahnelemente des 6. Jupitermondes (für das Äquinoktium 1905.0):

Mittlere Länge in der Bahn	288.71°
Länge des Perijoviums	256.95°
Länge des Knotens auf der Ekliptik	179.35°
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	28° 56′
„ „ „ „ die Jupiterbahn	28° 44′
Mittlere Entfernung vom Jupiter	2970″
Exzentrizität der Bahn	0.1564
Umlaufszeit	242.4 Tage.

Die Störungen, welchen dieser Trabant in seiner Bewegung durch den Einfluß der Sonne ausgesetzt ist, sind beträchtlicher und komplizierter als diejenigen irgend eines andern Mondes im Sonnensysteme. Um eine genaue Theorie der Bewegung desselben herzustellen, müssen mindestens 50 Ungleichheiten in der Länge, noch weit mehr in der Entfernung vom Jupiter und etwa 20 in der Breite berechnet werden. Höchstens etwa der 9. Mond des Saturn (Phöbe) hat eine ähnliche verwickelte Bewegung, so daß diese beiden Monde in dieser Beziehung eine eigene Klasse bilden. Beim 6. Jupitermonde beträgt die jährliche rückläufige Bewegung der Knoten auf der Ebene der Jupiterbahn 1.16°, auf der Ebene des Erdäquators 4.75°, die jährliche fortschreitende Bewegung des Perijoviums 1.25°.

Der 7. Jupitermond bot bezüglich seiner Bahnbestimmung große Schwierigkeiten. Unter vorläufiger Zugrundelegung einer Kreisbahn konnten die Beobachtungen weder durch Annahme direkter noch retrograder Bewegung rechnerisch dargestellt werden. Die Rechnung unter Zugrundelegung einer elliptischen Bahn ließ auch noch Abweichungen von den Beobachtungen erkennen, doch waren dieselben bei Annahme retrograder Bewegung des Satelliten geringer. Unter möglichstem Anschlusse an die Beobachtungen gibt Perrine (für die Epoche 1905 Januar 28.5 m. Zt. v. Gr.) die folgenden Systeme von Bahnelementen, das eine für retrograde, das andere für direkte Bewegung des Trabanten.

	retrograde Bewegung	direkte Bewegung
Länge des Satelliten in der Bahn	290°	11° 6′
Länge des Knotens auf dem Äquator	328° 0′	275° 47′
Neigung der Bahnebene gegen den Äquator	171° 12′	26° 15′
Exzentriziät der Bahn	0.36	0.34
Mittlere Distanz vom Jupiter	2618″	2618″
Länge des Perijoviums	59° 36′	182° 6′
Länge des Knotens auf der Ekliptik	351° 0′	312° 7′
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	148° 15′	36° 26′
Umlaufszeit	200 Tage	200 Tage.

Wie bemerkt, stellen die Bahnelemente für direkte Bewegung die Beobachtungen nicht so gut dar als diejenigen für retrograde. Eine Entscheidung muß die Zukunft geben.

Die Unebenheiten der Saturnringe. Das Ringsystem, welches den Planeten Saturn freischwebend umgibt, bietet im allgemeinen das Aussehen einer dünnen ebenen Fläche, die durch eine schwarze Trennungslinie (die sogenannte Cassinische Spalte) in einen äußern und innern Ring zerfällt. Auf dem erstern erblickt man an großen Fernrohren zuzeiten noch eine zweite Trennung (die Enckesche Teilung, neuerdings von den Amerikanern mit Vorliebe als „Bleistiftlinie“ bezeichnet), sowie am innern Ringe in der Richtung gegen den Saturn hin eine dunkle, violette Fortsetzung, der man den Namen Crapring gegeben hat. Wenn der helle Doppelring der Erde seine schmale Seite zuwendet, und er infolgedessen als schmale Lichtlinie erscheint, zeigen sich auf dieser letztern helle Punkte oder Knoten, die zuerst W. Herschel wahrgenommen hat, und aus deren Bewegung er auf eine Rotation des Ringsystems in $10^h\ 32^m\ 13^s$ schloß. Diese Bestimmung konnte seitdem selbst bei Anwendung mächtiger Ferngläser nicht wiederholt werden, dagegen ergab es sich als unzweifelhaft, daß die einzelnen Ringe nicht genau in einer und derselben Ebene liegen, sondern kleine Neigungen gegeneinander zeigen oder auch lokale Verbiegungen. Dies kann man unmittelbar wahrnehmen, wenn die mittlere Ebene des Ringsystems beinahe in der Gesichtslinie zur Erde liegt, mittelbar aber, wenn der Ring möglichst weit geöffnet ist. In diesem Falle sieht man den Schatten der Saturnkugel auf der Ebene des Ringsystems nicht, wie er perspektivisch sein müßte, so nämlich, daß die Begrenzungslinie des Schattens ihre hohle Seite gegen den Saturn wendet, sondern sie zeigt sich konvex in dieser Richtung, ja ganz unregelmäßig. Der erste, der dies bemerkte, scheint Prof. Kayser in Leiden gewesen zu sein (1850), in spätern Jahren ist die Erscheinung von Dawes, Secchi und Hall wahrgenommen worden. Im Jahre 1884 sah man diesen Schatten an der Cassinischen Trennung wie abgeschnitten, am merkwürdigsten aber erscheint der Schatten auf der Abbildung, welche Trouvelot am großen Refraktor zu Washington 1874, Dezember 30 von demselben gab, und die sich im Sirius 1877 auf Tafel 12 reproduziert findet. Schon der bloße Anblick dieser Abbildung lehrt, daß die Ringebene nicht plan, sondern sehr merklich und unregelmäßig verbogen sein muß. Eingehende Untersuchungen über die Schattengestalten der Saturnkugel auf den Ringen hat Dr A. Wonaszek 1901 angestellt, worüber auch im Sirius,[1]) ausführlich unter Beifügung von Abbildungen des Saturn berichtet worden ist. Unlängst hat nun Dr. P. Guthnick, Astronom der Sternwarte des

[1]) Jahrgang 1902. p. 55.

Herrn von Bülow zu Bothkamp, eine neue Untersuchung über den Gegenstand veröffentlicht.[1])

„Die direkte Veranlassung zu der Untersuchung dieses Gegenstandes," sagt Dr. Guthnick, „war die im Oktober 1904 am hiesigen 11-zölligen Refraktor zufällig gemachte Beobachtung der Konvexität des Schattens. Für die Auffälligkeit derselben zu jener Zeit spricht, daß ich sie bei einer nur gelegentlichen Beobachtung des Planeten bemerkte, obwohl ich weder besonders auf den Schatten mein Augenmerk gerichtet hatte, noch Kenntnis von den frühern Wahrnehmungen an demselben besaß. Da mir das Phänomen der Aufklärung wert erschien, so untersuchte ich zunächst die Bedingungen, unter welchen es zustande kommen könne, seine Realität vorausgesetzt. Es schien mir nur eine Möglichkeit zu bleiben, der auch schon Secchi den Vorzug gegeben hatte, nämlich daß die Oberfläche des Ringes, wenn man ihn als zusammenhängendes Ganzes betrachtet, nicht eine ebene Fläche sei, oder, genauer ausgedrückt, daß die Bahnen der das Ringsystem bildenden Körper wenigstens zeitweise nicht alle in nahe derselben Ebene liegen. Bezüglich der Realität des Phänomens kann man von der visuellen Beobachtung kaum eine definitive Entscheidung erwarten, wenn man sich auf einen so vorsichtigen Standpunkt stellt wie Hall (der meint, daß die Wahrnehmungen auf einer Täuschung beruhten, die durch eine gewisse Stumpfheit der Schattenränder hervorgerufen werde); und die Erfahrung gibt ihm recht. Vielleicht ist aber die Photographie entweder schon gegenwärtig oder in nicht zu ferner Zukunft imstande, die Frage endgültig zu entscheiden. Diese Zeilen werden vielleicht dazu beitragen, eine genauere Verfolgung der Erscheinung von dieser Seite während der nächsten Opposition des Planeten anzuregen".

Unter der Annahme, daß die beobachtete Konvexität des Schattens reell ist, geht Dr. Guthnick dazu über, die Konsequenzen, die sich hieraus ergeben, einer mathematischen Prüfung zu unterziehen. Unter „Ringebene" versteht er die Äquatorebene des Saturn, die mit der Besselschen oder Struveschen Ringebene zusammenfällt.

Er zeigt, wie man die Abweichung der wirklichen Ringfläche von der vorausgesetzten Ringebene berechnen kann, und führt diese Rechnung für seine Beobachtungen im November 1904 durch. Es ergibt sich, daß die Erhöhung der nördlichen Seite der untern Ringebene an der Stelle, welche der östliche Rand des Planetenschattens zur Zeit der Beobachtungen traf, rund 3000 *km* betragen hat. Die beobachtete Form des Schattens deutet an, daß diese Erhöhung ungefähr in der Mitte des hellen Ringes am größten, an den Rändern dagegen gering war. Um die Beurteilung des Gegen-

---

[1]) Über die Konvexität des Schattens des Planeten Saturn auf seinem Ringe im Oktober und November 1904. Kiel 1905.

standes zu erleichtern, teilt er seine allerdings wenig zahlreichen Beobachtungen mit.

Zuletzt fügt Dr. Guthnick noch einige Bemerkungen über das sonstige Aussehen des Saturn im 11-zölligen Bothkamper Refraktor bei. „Auffallend“, sagt er, „erschien das matte, graue Aussehen der Cassinischen Trennung selbst dort auf den Henkeln, wo sie in voller Breite erscheinen muß. Ferner war besonders November 15 die Flächenhelligkeit des Ringes gegenüber der des Planeten beträchtlich gering, so daß der Ring sich als fast graue Zone von der Scheibe abhob; dies steht vollkommen im Einklange mit Seeligers Theorie. Die graue Nordpolarkalotte des Planeten sowie die Abnahme der Helligkeit nach dem Rande zu waren überraschend deutlich; die beiden gegenwärtig vorhandenen Äquatorialstreifen hoben sich bestimmt von der Umgebung ab und waren durch eine hellere Zone deutlich getrennt. Außer der Cassinischen Trennung konnte keine weitere von mir wahrgenommen werden. Ring C, der dunkle oder Crapring, war als schmaler dunkler Streifen auch vor der Scheibe sichtbar; an den beiden innern Rändern der Henkel zeigte er sich zuweilen sehr deutlich. Dort, wo er an diesen Stellen in den Ring B, den innern hellen Ring, übergeht, wurde in letzterm eine eigentümliche Dunkelheit wahrgenommen. Beim Durchsehen von Abbildungen des Planeten finde ich diese Schattierung des Ringes B auch auf einer Zeichnung Barnards vom 2. Juli 1894 (Lickrefraktor), jedoch dort in größerer Ausdehnung und um den ganzen Ring herum. Nach Schluß der Untersuchung wurde der Planet noch einmal am 13. Dezember gesehen und gegen früher unverändert gefunden. Der Schatten auf dem Ringe war noch entschieden konvex.“

„Es scheint“, sagt schließlich Dr. Guthnick, „daß zwar die Hauptmasse der Ringkomponenten ihre Bahnen in einer Ebene beschreiben, die mit der mathematischen Ringebene zusammenfällt, daß aber daneben beständig oder zeitweise eine beträchtliche Anzahl der Körperchen sich weit außerhalb dieser Ebene befindet. Eine direkte Bestätigung dieser Ansicht könnte man in der Wahrnehmung Bonds vom November 1848 erblicken, der zur Zeit des Durchganges der Erde durch die Ebene des Ringes diesen als feinen Strich, beiderseits umgeben von einem relativ breiten diffusen Saume, sah. Ferner würde sich nach H. Struves Ansicht hierdurch auch der Umstand ungezwungen erklären, daß der Ring beim Durchgange der Erde durch seine Ebene zuzeiten selbst für die größten Instrumente verschwand, zu andern Zeiten dagegen für mittlere sichtbar blieb. (Struve hält die Konvexität des Schattens für reell und erklärt sie durch gelegentliche Konstellationen der Ringkörperchen, wie oben auch von mir angenommen wurde.) Weitere Folgerungen zu ziehen, ist vorläufig wohl zu gewagt.“

Untersuchungen über die Bahn des 9. Saturnmondes Phöbe hat Dr. Frank E. Roß angestellt[1]) und gleichzeitig die Theorie der Bewegung dieses Trabanten mit Rücksicht auf die Störungen durch die Sonne und die Einwirkung des Saturnringes und die Abplattung des Saturn entwickelt. Die Bahnelemente, welche Dr. Ross als die wahrscheinlichsten ermittelte, sind folgende:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_0 &= 343.15^\circ \pm 0.37^\circ \\ \pi_0 &= 291.03^\circ \pm 0.60^\circ \\ \Omega_0 &= 222.60^\circ \pm 1.12^\circ \\ i_0 &= 174.46^\circ \pm 0.12^\circ \end{aligned}\right\} \text{Januar 1900.00}$$

$$\begin{aligned} \text{(tropisch)}\ \mu &= 0.65398^\circ \pm 0.00029^\circ, \\ \log a &= 8.93747^\circ \pm 0.00013^\circ, \\ e &= 0.1659^\circ \pm 0.0032^\circ, \end{aligned}$$

siderische Umlaufszeit: 550.44 Tage. Bewegung rückläufig. Angenommene Masse des Saturn 1 : 3498, Länge des aufsteigenden Knotens in der Saturnbahn $\Omega_1 = 196.16^\circ$, Neigung der Bahn gegen die Ebene der Saturnbahn $i_1 = 174.75^\circ$.

Als Folge der störenden Wirkung der Sonne ergibt die Theorie für die Dauer eines julianischen Jahres folgende Werte:

$$\begin{aligned} \text{Tropische Bewegung von } \pi &= -0.2680^\circ, \\ \text{,, \quad ,, \quad von } \Omega &= +\ 0.4347^\circ, \\ \text{,, \quad ,, \quad von } i &= -0.020^\circ. \end{aligned}$$

Der 10. Satellit des Saturn, Themis. Prof. William Pickering verbreitete sich über diesen auf Grund seiner Untersuchungen.[2]) Als die 1904 mit dem Bruceteleskop aufgenommenen Photographien des Saturn nach Cambridge gelangten und dort untersucht wurden, zeigte sich, daß die Bilder von Phöbe auf mehrern Platten deutlicher und bestimmter erschienen, als auf irgend einer der frühern. Es erschien daher eine genaue Untersuchung mit Rücksicht auf die Möglichkeit des Vorhandenseins noch lichtschwächerer Satelliten geboten. Eine vorläufige Prüfung der Aufnahmen vom September zeigte auf einigen bessern Platten mehrere verdächtige Objekte nahe beim Saturn, die keine Sterne waren. Bei den Aufnahmen nach dem 5. Aug. wurden schmale Schirme verwendet, um das Licht des Saturn zu vermeiden. Indessen konnten erst gegen Ende März 1905 die Forschungen nach dem vermuteten 10. Saturnmonde aufgenommen werden. Dieselben waren sehr schwierig, nicht nur weil der vermutete Mond offenbar weit lichtschwächer als Phöbe sein mußte, sondern auch weil in der unmittelbaren Nähe des Saturn auf den

[1]) Annals of Harvard Coll. Obs. **53**. Nr. 7 905.
[2]) Annals of Harvard Coll. Obs. **53**. Nr. 9 1905.

Platten oftmals falsche Eindrücke sich finden, die in weitem Abstande nicht entstehen; dann schien es auch bisweilen, als wenn mindestens zwei neue Objekte vorhanden seien, zwischen denen und den zufälligen Plattendefekten schwer zu unterscheiden war. Erst am 28. April 1905 kam Prof. William Pickering zu der Überzeugung, daß ein 10. Satellit des Saturn auf der Platte nachgewiesen werden könne, und zeigte diese Entdeckung telegraphisch an. Als Benennung des Satelliten wurde der Name Themis (eine der Schwestern des Saturn gemäß der Mythologie) gewählt.

Was den Trabanten Phöbe anbelangt, so zeigt er sich auf den verschiedenen Platten sehr ungleich in Deutlichkeit und Schärfe, und dies führte zu der Vermutung, daß derselbe (ähnlich wie Japetus) in einem Teile seiner Bahn dunkel und in einem andern hell erschien. Der Helligkeitsunterschied erreicht 1.5 Größenklasse (während der des Japetus nach Prof. Wendell 1.7 Größenklasse beträgt). Als Phöbe am 8. August 1905 am Yerkesrefraktor gesehen wurde, befand sie sich gerade im Maximum ihrer Helligkeit und war nur eben sichtbar; es ist wahrscheinlich, daß sie in andern Zeiten nur photographisch wahrgenommen werden kann. In mittlerer Helligkeit ist Phöbe wahrscheinlich von 17.2 Größe. Themis ist aber schwächer, 17.5 Größe, und zeigt keine Veränderlichkeit. Sie ist also für das menschliche Auge direkt unsichtbar, solange nicht weit stärkere Fernrohre als der Yerkesrefraktor hergestellt sind. Über die wirkliche Größe von Themis kann nur unter der Voraussetzung geurteilt werden, daß die Reflexionsfähigkeit ihrer Oberfläche die nämliche ist wie die eines andern bekannten Himmelskörpers. In dieser Beziehung ist Titan, dessen Durchmesser 2300 Miles beträgt, der geeignetste Trabant zum Vergleiche. Prof. William Pickering findet hiernach als Durchmesser der Themis 38 und als Durchmesser der Phöbe 42 Miles.

Was die Bahnbestimmung anbelangt, so ist für so lichtschwache Monde ähnlich wie bei sehr engen Doppelsternen die graphische Methode für die erste Bestimmung die beste. Indessen bietet sie gerade für Themis besondere Schwierigkeiten wegen der großen Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, und Prof. William Pickering führte deshalb die Bahnbestimmung ähnlich wie bei einem Doppelsterne aus, indem er sie auf die Himmelskugel projizierte. Das Ergebnis der Konstruktion und Rechnung ist nun folgendes:

Die halbe große Achse (in der Distanz von 10 Erdbahnradien) beträgt $201.4'' = 906\,000$ Miles $= 1\,457\,000$ *km*; Exzentrizität der Bahn $= 0.23$, Neigung gegen die Ekliptik $= 39.1°$; Länge des aufsteigenden Knotens $= 164.7°$; Länge des Perisaturniums vom Knoten $= 301.1°$; Epoche, in welcher der Satellit sein Perisaturnium passierte, 1904 April 11.5; Umlaufsdauer $= 20.85$ Tage.

In mittlerer Entfernung des Saturn von der Erde beträgt die halbe große Achse der Bahn von Themis $211.2''$ oder nur $2.1''$ weniger

als diejenige des Hyperion. Die Neigung der Bahn übersteigt um 10° die der Bahnen der andern innern Monde des Saturn, ihre Exzentrizität ist größer als die irgend eines andern Satelliten und wird nur von derjenigen einiger Asteroidenbahnen übertroffen. Die größte Distanz vom Saturn beträgt 1 115 000, die kleinste 698 000 Miles. Da ihre mittlere Entfernung vom Saturn ziemlich in die Mitte zwischen die Bahnen des Titan und Hyperion fällt, so verursacht die große Exzentrizität derselben, daß Themis zuzeiten 61 000 Miles innerhalb der Bahn des Titan, zu andern 198000 Miles jenseits des mittlern Ortes von Hyperion sich befindet.

Die Bahn des Uranusmondes Ariel ist von M. Bergstrand neu berechnet worden,[1]) wobei er sich auf die Beobachtungen von 1852 bis 1901, also auf die frühesten Beobachtungen Lassells, dann die von Marth, Copeland, Newcomb, Holden, Burnham, Perrotin, Barnard, Hussey, Aitken und See stützt. Im ganzen lagen rund 300 Beobachtungen dieses überaus lichtschwachen Satelliten vor, und sie lieferten für die Umlaufszeit den Wert 2.520 380 Tage, nur unbedeutend von der früher (1875) durch Newcomb bestimmten Umlaufszeit abweichend. Für die Epoche 1871 Dezember 31.0 m. Zt. von Washington ergibt sich als mittlere Länge des Trabanten in seiner Bahn 22°.611, als Exzentrizität der letztern 0.0081. Die Länge des Periuraniums vom Knoten gezählt ist $2.4° + 160.03° \times (t - 1896.0)$. Die scheinbare halbe Achse der Bahn ergab sich zu 13.624″ oder 0.156″ kleiner wie der von Newcomb berechnete Wert. Da die Massen der übrigen Uranusmonde jedenfalls sehr gering sind, so ist deren Einfluß auf die Bewegung des Periuraniums des Ariel fast gleich Null, und diese Bewegung wird hauptsächlich von der äquatorialen Anschwellung des Uranus verursacht. Man kann daher aus dieser Bewegung die Abplattung des Uranus berechnen, falls man plausible Annahmen über die Dichtigkeitszunahme dieses Planeten gegen seinen Mittelpunkt hin zu machen imstande ist. Wird die Dichte des Uranus in allen Teilen als gleich angenommen, seine Materie also als homogen, so findet sich für die Abplattung der Wert $^1/_{46}$, unter anderer, beim Saturn gut zutreffender Annahme würde die Abplattung sogar $^1/_{15}$ sein, und die Rotationsdauer etwa 11^h betragen. Die Masse des Ariel berechnet Bergstrand zu 1 : 332 000 der Uranusmasse und die letztere zu 1 : 23 383 der Sonnenmasse.

Der Neptuntrabant ist von Dr. C. W. Wirtz am 18-zölligen Refraktor der Straßburger Sternwarte in den Jahren 1903 und 1904 wiederholt beobachtet worden.[2]) Dabei bemerkte der Beobachter,

[1]) Arkiv för Matematik, Astronomi o de Fysik. 1904. **1**.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4035.

daß ihm der Trabant nicht immer gleich hell erschien, daß er bisweilen hell und leicht zu beobachten war, bisweilen nur hin und wieder aufblitzte. „Sicherlich“, sagt Dr. Wirtz, „ist ein gut Teil dieser scheinbaren Veränderlichkeit auf Schwankungen des Luftzustandes zurückzuführen; nichtsdestoweniger möchte ich auf die merkwürdige Regelmäßigkeit hinweisen, die meine Helligkeitsnotizen andeuten, wenn man sie nach der Länge des Trabanten in der Bahn ordnet und sie der bessern Übersichtlichkeit halber derart in Zahlen umschreibt, daß der Reihe nach die Angaben sehr schwach, schwach, ziemlich schwach, ziemlich hell, hell durch die Ziffern 1 bis 5 dargestellt werden.“

Dann ergibt sich folgendes: „Der Mond erreicht seine größte Helligkeit in der mittlern Länge 40°, seine geringste in der Länge 240°. Über die Größe der hypothetischen Schwankung läßt sich wenig aussagen. Man darf jedoch annehmen, daß sie nur gering zu sein braucht, um in unserm Refraktor, für den das Phänomen nicht viel oberhalb der Grenze der Sichtbarkeit sich abspielt, auffällig zu werden, vielleicht genügt eine Veränderlichkeit von weniger als $^1/_4$ Größenklasse.“

Der Neptuntrabant gehört, wie Dr. Wirtz auch erwähnt, zu den wenigen Körpern unseres Sonnensystems, die photographisch heller sind als optisch. Dies beweist schon hinlänglich die Leichtigkeit, mit der sehr genau meßbare Aufnahmen des Satelliten an den 13-zölligen Refraktoren der Himmelskarte bei Expositionen von 15^m an gelingen.

Die Spektra der Planeten Jupiter, Uranus und Neptun sind auf der Lowellsternwarte von V. M. Slipher photographisch aufgenommen und untersucht worden.[1]) „Der Zweck der planetarischen Spektroskopie“, sagt er, „ist, die Verhältnisse und Substanzen, welche in den Atmosphären der Planeten vorhanden sind, festzustellen. Das Problem zerfällt naturgemäß in zwei Teile: 1. Auffindung und Feststellung der Lagen der Absorptionslinien oder Bänder und 2. Identifizierung der Substanzen, welchen diese Spektralinien angehören. Der erste Teil ist von mehrern Astronomen untersucht worden, und man hat eine Anzahl von Absorptionslinien der Planetenspektra aufgefunden und festgelegt, weniger ist dagegen bis jetzt in bezug auf die Erkennung der Substanzen, welche die Absorptionslinien dieser Spektra erzeugen, geleistet worden. Was die großen Planeten anbetrifft, so ist das einzige Element, welches mit Sicherheit in den Atmosphären des Neptun und Uranus nachgewiesen wurde, das Wasserstoffgas, auch haben die spektroskopischen Beobachtungen ergeben, daß die Atmosphären des Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun eine unverkennbare Ähnlichkeit ihrer Zusammensetzung

---

[1]) Lowell Obs. Bulletin Nr. 13.

besitzen. Das starke Absorptionsband im Rot, dessen Wellenlänge $\lambda = 6190$ ist, und das zuerst im Spektrum des Jupiter entdeckt wurde, ist auch in den Spektren des Saturn, Uranus und Neptun vorhanden, so daß ein möglichst eingehendes, photographisches Studium des Spektrums eines dieser vier Planeten interessante Enthüllungen über die Beschaffenheit ihrer Atmosphäre in Aussicht stellt.“

Im Anschlusse an seine frühern Untersuchungen über die Spektra des Uranus und Neptun, hat H. Slipher nunmehr ein genaues Studium des Jupiterspektrums unternommen und erhielt während des letzten Winters eine Anzahl photographischer Aufnahmen des rot-orange-gelben Teiles desselben. Das benutzte Instrument war der große Lowellspektrograph, der am 24-zölligen Refraktor des Observatoriums angebracht wurde, unter Anwendung von drei verschiedenen Prismen, eines Crownglasprismas von 60°, eines Prismas aus schwerem Flintglase ebenfalls von 60° und eines Systems von drei Flintglasprismen von 63° brechendem Winkel. Der Zweck der Anwendung dieser drei verschieden großen Dispersionen war, schwache Linien zu entdecken, was mit dem erstgenannten Prisma am leichtesten war, dann aber die Absorptionsbänder, besonders diejenigen der Wellenlänge $\lambda = 6190$ bei verschieden starker Dispersion aufzunehmen. Leider gelangen mit letzterm nur zwei Aufnahmen, die zudem unterexponiert sind, so daß die Untersuchung über die Auflösung jenes Bandes in Linien für die nächste Periode günstigerer Sichtbarkeit des Jupiter aufgeschoben werden muß. Slipher betrachtet daher seine jetzige Mitteilung nur als provisorisch.

Im allgemeinen wurde auf den Platten auch das Spektrum des Mondes aufgenommen, und zwar wenn dieser in gleicher Höhe mit Jupiter stand, um den Einfluß der Erdatmosphäre auf das Aussehen der Spektra gleich zu machen. Die Untersuchung der einzelnen Aufnahmen ergab keinen sichern Unterschied des Jupiterspektrums vom Mondspektrum von der Fraunhoferschen Linie F an nach der brechbarern Seite der beiden Spektren hin. In der Nähe der Wellenlänge $\lambda = 5420$ zeigt sich in allen mit dem einfachen Prisma erhaltenen Spektren ein doppeltes Band. Die gegen Blau hin liegende Komponente desselben ist größtenteils, wenn nicht ganz, der Absorption der Sonne und der Erdatmosphäre zuzuschreiben, denn sie erscheint ebenso dunkel wie im Spektrum des Mondlichtes. Die gegen Gelb gelegene Komponente des Doppelbandes ist dagegen im Spektrum des Jupiter dunkler und daher hauptsächlich der Absorption in der Atmosphäre dieses Planeten zuzuschreiben. Ein Streifen bei $\lambda = 5770$ erscheint im allgemeinen etwas dunkler im Spektrum des Jupiter und gewöhnlich doppelt; er gehört unzweifelhaft den Linien $\lambda = 5754$ und $\lambda = 5784$ des Sonnenspektrums an. Auf einigen Platten erscheint die Sonnenlinie $\lambda = 6022$ im Jupiterspektrum dunkler, vielleicht infolge von

Absorption in der Atmosphäre des Planeten. Der Streifen $\lambda = 6190$ des Jupiterspektrums ist stets stark hervortretend, und auf einer Aufnahme scheint er in Linien auflösbar zu sein, wenigstens vermutet dies Slipher. Die Gruppe a (welche dem Wasserdampfe in der Erdatmosphäre zukommt) ist im Spektrum des Jupiter nicht dunkler wie im Spektrum des Mondes. Nahe der Linie $\lambda = 6465$ existiert im Jupiterspektrum noch eine dunkle Bande, die anscheinend in Linien auflösbar ist. In ihr erscheint eine gut definierte Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 6475$. Die Gruppe der Sonnenlinien bei $\lambda = 6495$ liegt nahe dem weniger brechbaren Rande des Bandes. Bei der Fraunhoferschen Linie C ist das Spektrum des Jupiter identisch mit dem Mondspektrum, das weiterhin stattfindende plötzliche Abfallen des Jupiterspektrums bei $\lambda = 6640$ und sein allgemeines Aussehen zwischen den Linien C und A zeigt dagegen deutlich eine Abweichung vom Aussehen der betreffenden Teile des Mondspektrums. Messungen der Wellenlängen der beobachteten dunklen Absorptionsbanden im Jupiterspektrum ergaben, daß von den fünf auf den Photographien sichtbaren Banden zwei den Wellenlängen $\lambda = 5427$ und 5769 entsprechend, mit solchen in den Spektren des Uranus und Neptun übereinstimmen, auch in bezug auf ihre Intensität. Drei von den dunklen Bändern bei den Wellenlängen $\lambda = 6023$, 6192 und 6465, von denen das erste zweifelhaft ist, konnten auf der Photographie der Spektra des Uranus und Neptun nicht verglichen werden, weil diese Photographie sich nicht über die Linie D hinaus erstreckt. H. Slipher gibt die neunfach vergrößerte Kopie eines am 19. Dezember 1904 aufgenommenen Spektrogramms des Jupiter und darüber sowie darunter eine Aufnahme des Mondspektrums zum Vergleiche. Die dem Jupiter eigentümlichen Absorptionsstreifen sind mit dem Buchstaben T bezeichnet und durch Beifügung von Ziffern die Reihenfolge ihrer Intensitäten angegeben. Der Streifen T_1 ist der dunkelste. Die Wellenlängen λ sind ebenfalls angegeben, und man ersieht daraus, daß das photographierte Spektrum ungefähr von $\lambda = 4500$ bis $\lambda = 6800$ reicht.

Es ist von Interesse, mit diesen Spektralaufnahmen des Jupiter zwei frühere der Planeten Neptun und Uranus zu vergleichen, welche H. Slipher mit dem nämlichen Spektroskop an dem gleichen Refraktor erhalten hat.[1]) Die Aufnahme des Neptunspektrums zeigt dasselbe von der D-Linie bis zur Wellenlänge $\lambda = 4400$. Als Vergleichsspektrum über- und unterhalb des Neptunspektrums ist dasjenige des Sternes β in den Zwillingen, welches mit dem Sonnenspektrum übereinstimmt, gegeben. Das eine Vergleichsspektrum ist mit derselben Spaltbreite erhalten worden wie das des Neptun, die für den Stern etwas zu groß war, das andere Spektrum dagegen

---

1) Lowell Obs. Bulletin Nr. 13.

mit engem Spalte, und es zeigt deshalb mehr Linien. An der Grenze der Gruppe b, gegen Violett hin, erscheint das Spektrum des Neptun auffällig hell; die starke dunkle Bande oder Linie, welche man bei F sieht, ist sicher die Absorptionslinie Hβ des Wasserstoffes. Auf der zweiten Platte, welche weiter gegen Violett hin Details unterscheiden läßt, erscheint auch die Wasserstofflinie Hγ und ebenfalls recht stark. Leider war es nicht möglich, die weit im Rot stehende Linie Hα zu photographieren, doch glaubt H. Slipher, daß die Stärke der Hβ-Linie das Vorhandensein einer großen Menge von freiem Wasserstoff in der Neptunatmosphäre anzeige. Das Uranusspektrum ist von Slipher aufgenommen worden unter Anwendung eines dichten Flintglasprismas, welches eine doppelt so große Dispersion gibt als das Crownglasprisma, das beim Neptun in Anwendung kam. Als Vergleichsspektrum wurde über und unter dem Neptunspektrum dasjenige des Mondes photographiert. Die Aufnahme gschah mit einer isochromatischen Platte, die für Gelb sehr sensibel ist, deshalb sind die Banden bei $\lambda = 5430$ und 5770 nicht intensiv genug herausgekommen, aber die Bande bei $\lambda = 5570$ ist total verloren gegangen, obgleich sie auf einer andern Aufnahme sehr deutlich erscheint. Aus dem Vergleiche der beiden Spektra miteinander zieht Slipher, gestützt auf die größere Dunkelheit der Absorptionsbanden im Spektrum des Neptun, den Schluß, daß die Atmosphäre dieses Planeten viel dichter ist als die des Uranus.

Der Mond.

Die Veränderungen am Krater Linné, welche Prof. W. Pickering vor mehrern Jahren wahrgenommen hat, haben Dr. C. W. Wirtz von der Straßburger Sternwarte veranlaßt, dem Gegenstande während der Mondfinsternis am 11. April 1903 seine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden und ihn auch später durch eine systematische Beobachtungsreihe zu untersuchen. In dem von ihm veröffentlichten Berichte über seine bezüglichen Beobachtungen[1]) bemerkt Dr. Wirtz folgendes:

„Werfen wir zunächst einen kurzen Rückblick auf die Geschichte des Kraters Linné. Der einsam im östlichen Teile der dunklen, grauen Ebene des Mare serenitatis gelegene Krater kommt in Hevels „Selenographia“ (Gedani 1647) noch nicht vor, weder auf den verschiedenen Phasendarstellungen, noch auf der Generalkarte Fig. R des Werkes, die im Jahre 1645 hergestellt worden ist. In dem wenige Jahre später erschienenen „Almagestum novum“ (Bononiae 1653) von Riccioli finden wir ihn hingegen schon auf zwei Karten (Bd. I, p. 204).

---

[1]) Annalen der Kaiserl. Universitäts-Sternwarte in Straßburg 3. Annex C.

Auf der ersten Karte, die 27.8 *cm* Durchmesser aufweist, erscheint er als deutlicher schattenerfüllter länglicher Krater von im Mittel 1³/₄ *mm* Durchmesser, auf der zweiten ist er als scharfumrissener weißer Fleck verzeichnet; doch dürfen wir auf den letztern Umstand kein großes Gewicht legen; denn die zweite Karte will eben nur als Indexkarte der Nomenklatur dienen. Wir müssen also annehmen, daß Grimaldi — der Urheber beider Karten — Linné, soweit das seine unvollkommenen optischen Hilfsmittel zuließen, als einen echten Krater gesehen hat. J. D. Cassini hingegen hat auf seiner um 1680 ausgearbeiteten großen Mondkarte Linné nicht eingetragen. Nun mag es auch zunächst wundernehmen, daß wir das Gebilde auf Tobias Mayers mit Sorgfalt gearbeiteter größerer Mondkarte, deren Grundlagen um die Zeit von 1748 bis 1750 entstanden, vermissen. Das wird aber leicht erklärlich, wenn man die 40 Detailzeichnungen nachsieht, woraus erhellt, daß überhaupt jene Gegend niemals Gegenstand seines genauen Studiums gewesen. Tobias Mayer kann uns also zur Geschichte von Linné einen Beitrag nicht liefern. Als nächster käme Schröter an die Reihe, der das Mare serenitatis seiner ganzen Ausdehnung nach am 5. Dezember 1788 zeichnete. Hier ist an der Stelle von Linné eine „ganz flache, als ein weißes, rundes Fleckchen erscheinende, etwas ungewisse Einsenkung" (l. c. p. 181). Es sei aber ausdrücklich daran erinnert, daß Schröter nur Spiegelteleskope zur Verfügung standen von keineswegs befriedigender Definition. Daß übrigens Schmidts Identifikation von Linné mit Schröters v zutrifft — und nicht, wie Birt es wollte, mit Schröters dunklem Fleck g — das hat meines Erachtens in überzeugender Weise Dr. H. J. Klein in A. N. 2148 dargetan. Ein anderes Aussehen hat Linné in den nun folgenden Selenographien von Lohrmann (1824) und Mädler (1837). Übereinstimmend geben ihm beide Beobachter eine deutliche runde Kraterform und einen Durchmesser von 10 *km*. Auch Schmidt sah ihn zu Anfang der vierziger Jahre (1840 bis 1843) nicht anders, bis derselbe Beobachter im Jahre 1866 nicht mehr imstande war, Linné als Krater zu erkennen. Von da an ist Linné natürlich sehr häufig beobachtet worden, und unter günstigen Bedingungen sah man in den nächsten Jahren 1867 und 1868 noch einen äußerst niedrigen, großen Krater von 10 *km* Durchmesser, der später nicht mehr vorhanden ist. Das stimmte also ungefähr wieder mit Schröter zusammen. Heutigen Tages liegt an der Stelle von Linné ein vom dunklen Mareuntergrunde sich deutlich abhebender, heller, weißer Fleck mit ein wenig zerzausten Grenzen und einem mittlern Durchmesser von vielleicht 5 *km*. Im Zentrum befindet sich ein niedriger Berg mit einer ganz feinen Krateröffnung. Von jenem weißen Flecke nun zeigte neuerdings W. H. Pickering, daß sein Durchmesser veränderlich sei und in Beziehung stehe zum Mondalter, besser zur Sonnenstrahlung, und daß die Größenschwankung besonders auffällig sei bei Mondfinsternissen.

Während der Mondfinsternis vom 11. April 1903 gelang es mir nun, im Laufe derselben im ganzen 21 Durchmesserbestimmungen des kritischen Fleckes vorzunehmen. Diese Messungen sind in der Richtung des Deklinationskreises angestellt. Die Vergrößerung war 407 fach. Linné erschien wie immer bei Vollmond als mäßig gut begrenzter rundlicher Lichtfleck, in welchem keinerlei Detail sich erkennen ließ, allenfalls eine leichte, wenig auffällige Aufhellung zur Mitte hin. Um die Phasen der Finsternis bequem mit den Messungen vergleichen zu können, sind die erstern in der folgenden Übersicht nach mittlerer Zeit von Straßburg zusammengestellt.

	M. Z. Straßburg
Erster Kontakt mit dem Halbschatten	9h 59m
Beginn der Finsternis	11 6
Eintritt von Linné	11 53
Austritt von Linné	13 34
Ende der Finsternis	14 23
Letzter Kontakt mit dem Halbschatten	15 30

Nach beiläufiger graphischer Skizze wurde ferner der Krater Linné von dem Halbschatten der Erde erreicht um 10.6h m. Z. Straßburg und wieder frei von ihm um 15.0h m. Z. Straßburg."

Dr. Wirtz teilt die einzelnen Ergebnisse seiner Messungen der Größe des Fleckes mit. Sie beginnen 10h 43.8m und endigen 14h 34.4m. „Die Messungen begannen wenige Minuten, nachdem der Halbschatten Linné erreicht hatte, d. h. gerade zu Anfang der für Linné stattfindenden Sonnenfinsternis. Der Durchmesser des Gebildes wird nun zunächst langsam, dann immer rascher größer, während seine Helligkeit abnimmt; der größte Wert wird gemessen, kurz bevor der Krater im Kernschatten verschwindet. Von 5.2 *km* ist so die Ausdehnung bis auf 8.7 *km* gewachsen. Als Linné wieder aus dem Schatten heraustritt, hat die Größe sich auf dem Eintrittswerte gehalten, 8.5 *km*; sie sinkt allmählich auf 6.7 *km* herab, nimmt dann aber wieder bis zum Abbruche der Beobachtungen, der ein wenig vor dem Verlassen des Linné durch den Halbschatten erfolgt, zu bis auf 7.8 *km*. Die gesamte Schwankung vollzog sich also in einer Amplitude von $3^1/_2$ *km*.

Stellt man die Veränderungen in der Größe des Fleckes durch gerade Linien dar und verbindet deren Endpunkte durch eine Kurve, so erhält man eine parabelähnliche Linie, die gegen die Zeit der Verfinsterung des Linné rasch ansteigt, nach dem Austritte aus dem Schatten aber etwas weniger rasch sinkt.

Die Zunahme vor der Finsternis während des Vorüberganges des Halbschattens über Linné ist durchaus verbürgt, sowohl durch die Sicherheit der Messungen in sich, als auch durch das ungezwungene Anschmiegen an die Kurve, deren Gestalt physikalisch völlig plausibel erscheint, da offenbar die Licht- und Wärmeabnahme um so rascher erfolgt, je weiter die Sonnenfinsternis für Linné schon vorgeschritten ist."

„Nichtsdestoweniger," sagt Dr. Wirtz, „erhebt sich aber hier noch ein Einwand, auf den mich Prof. Becker aufmerksam machte. Es wäre recht wohl denkbar, daß das scheinbare Größerwerden von Linné lediglich die Folge einer persönlichen Fehlerquelle sei. Die beobachtete Tatsache spräche eben nur die Tendenz aus, mit abnehmender Helligkeit einer Mondformation ihren Durchmesser immer größer und größer einzustellen. Dann könnte aber diese Erscheinung nicht auf Linné beschränkt geblieben sein, sondern sie hätte sich auf alle Mondkrater erstrecken müssen, die ein ähnliches äußeres Bild zeigen. Wiewohl ich nun neben den Messungen den Krater Linné auch stets mit einem analog gestalteten Nachbarkrater nach Augenmaß verglich und hierdurch direkt sein Wachstum erkannte, da der Vergleichskrater daran nicht teilnahm, so schien es doch hinlänglich wichtig, diesen Nachweis in Strenge durch eine besondere Beobachtungsreihe zu führen.

Der Versuch stützt sich auf die Überlegung, daß das, was in wenig Stunden während einer Mondfinsternis vor sich geht, ja auch innerhalb einer Lunation eintrete: der Wechsel von Licht und Dunkel, von Wärme und Kälte, und daß dann auch die Wirkungen nicht ausbleiben dürfen. Demnach sollten wir erwarten, daß nach Sonnenaufgang über Linné der helle Fleck einen größten Durchmesser haben müsse, der im Laufe des Mondtages bis zum Mondmittage oder noch ein wenig darüber hinaus abnehme, um dann bis zum Sonnenuntergange und bis zum Versinken in die Nachtseite des Mondes wieder anzuwachsen. Messen wir nun außer Linné noch einen nahe gelegenen Vergleichskrater mit, so läßt sich aus dem relativen Gange der beiden Zahlenreihen die gewünschte Entscheidung treffen.

Nach einigen Versuchen fand ich als Vergleichskrater den ebenfalls aus dem Mare serenitatis nordöstlich von Linné sich erhebenden Krater Nr. 22 nach Lohrmanns Karte (bei Mädler, Schmidt und Neison mit B bezeichnet) am geeignetsten. Er ist wenig kleiner als Linné, sieht ihm aber besonders bei hohem Sonnenstande ungemein ähnlich."

Der Vergleichskrater liegt nach Messungen von Dr. Wirtz in + 14° 8.55' selenographischer Länge und + 30° 29.80' selenographischer Breite, erscheint etwas schärfer begrenzt als Linné und besteht aus einer feinen Kratergrube mit niedrigem Walle, die in einer Mulde des Mare serenitatis liegt. Auch im Linné sah Dr. Wirtz bei niedrigem Sonnenstande eine deutliche Kratergrube, deren Durchmesser aus zwei Messungen am 2. Juli und 31. August 1903 sich zu 0.36" oder 680 *m* ergab. Als dagegen am 15. Juli (20.75 Tage nach dem Neumonde) die Lichtgrenze des abnehmenden Mondes über den Vergleichskrater B ging, Linné mithin dicht an der Lichtgrenze stand, sah Dr. Wirtz denselben als ein verlängertes Hügelchen, dessen oberster Schattensaum 1.02" breit war. Ein Krater ließ sich nicht erkennen, wahrscheinlich weil der Beobachter gerade auf die hellbeleuchtete Ostwand von Linné blickte. Die Durchmesserbestimmungen des Linné und des Vergleichskraters B wurden nun in derselben Weise angestellt wie die während der Finsternis an Linné allein vorgenommenen, und zwar an 13 Tagen, die sich über die Zeiträume von 7.6 bis 20.7 Tagen nach dem letztverflossenen Neumonde verteilen. Es ergab sich, daß der Krater B im Durchmesser (von 5.76 *km*) unverändert blieb, während Linné bei 5.84 *km* kleinstem Durchmesser pro Tag des Mondalters im Mittel 0.105 *km* größer wurde. Der kleinste Wert des Durchmessers ist 6.30 *km* (7.6 Tage nach dem Neumonde). „Es scheint somit," sagt Dr. Wirtz, „daß in der Tat der Durchmesser von Linné im Laufe einer Lunation variabel sei, und zwar nach Aussage der Formel derart, daß er, nachdem der Mondtag bei einem Mondalter von ungefähr 7 Tagen für ihn begonnen, mit jedem weitern Tage um 105 *m* zunimmt, bis er bei einem Mondalter von 21 Tagen wieder in die Nachtseite taucht. Natürlich nimmt die Formel nur den Rang einer Interpolationsformel ein, deren Gültigkeitsbereich man keineswegs unter ein Mondalter von 6 Tagen oder über ein solches von 21 Tagen ausdehnen darf."

„Aber auch so widersprechen anscheinend die Beobachtungen außerhalb der Finsternis den während derselben gesammelten. Wir hätten erwarten müssen, daß Linné mit ziemlich großem Durchmesser aus der Nachtseite herausgetreten, mit höher steigender Sonne zusammengeschrumpft und von dem im Mondalter von 15 Tagen eintretenden Minimum an wieder gewachsen wäre. Statt dessen findet ein sehr langsames Wachstum während der halben Lunation statt, solange wir die Formation überhaupt erblicken. Möglich wäre es freilich immerhin, daß infolge der langsamen Strahlungszu- und -abnahme im Laufe eines Mondtages die Änderungen sehr viel geringer ausfielen, ja so klein blieben, daß sie ungefähr dem Range der zufälligen Beobachtungsfehler gleichständen.

Entgegen meinen Resultaten wollen die Beobachtungen, die W. H. Pickering in Arequipa während der Jahre 1897 und 1898 gesammelt, dartun, daß der Durchmesser von Linné gleich nach Sonnenaufgang am größten ist, daß er dann bis 1 Tag nach Mittag rapide abnimmt (um 1.8"), und daß er danach etwas weniger rasch ansteigt (um 1.3") bis zum Versinken in die Nachtseite. Anderseits stimmen indes die von demselben Beobachter in Cambridge (U. S.) während der Mondfinsternis 1902 16. Oktober erhaltenen Durchmesserbestimmungen von Linné mit meinen Ergebnissen überein, insofern, als auch dort ein deutliches Wachstum vor der Finsternis und eine starke Vergrößerung des Gebildes beim Austritte aus dem Erdschatten gefunden wurde. Auch die Gestalt der Kurve der Zunahme stimmt mit der von mir konstruierten gut überein, weniger gut die Amplitude der Schwankung, für die ich die Grenzen 2.8" bis 4.8" setze, während Pickering hat 2.8" bis 3.3" vor der Verfinsterung, 5.5" danach.

Die Ursache der beobachteten Erscheinung befriedigend aufzuklären, bereitet noch einige Schwierigkeiten. An rein vulkanische Vorgänge wird man nicht denken dürfen, da dann die enge Beziehung des Ganzen zur Sonnenstrahlung nicht wohl plausibel gemacht wäre. Am ehesten wird man vielleicht noch zur Annahme mondatmosphärischer Phänomene hinneigen, die etwa der Taukondensation in unserer Lufthülle vergleichbar wären. Man wird diese Hypothese um so weniger von der Hand weisen dürfen, als ja außerdem noch

einige andere Wahrnehmungen auf die Anwesenheit eines feinen gasförmigen Mediums in verschiedenen Niederungen der Mondoberfläche hinweisen. Vergleichbar dem Verhalten Linnés scheint mir z. B. dasjenige der großen Wallebene Plato, deren innere stahlgraue Fläche von Sonnenaufgang an langsam sich aufhellt, bis die Sonne etwa 20° Höhe über ihr erreicht, dann bis kurz vor Vollmond wieder abdunkelt und so auch in der abnehmenden Phase bleibt, bis die Lichtgrenze fast den Aristoteles durchschneidet, worauf die Fläche hell wie das Mare wird. Ebenso spielen sich auch in der Nähe des Kraters Messier Vorgänge ab, die eine unbestreitbare Beziehung zum Sonnenstande besitzen.

Bei künftigen Beobachtungen der Formation Linné halte ich es für wichtig, neben ihrem Durchmesser auch ihrer Flächenhelligkeit Aufmerksamkeit zu widmen, und zwar sowohl photographisch als optisch. Auf diese Weise muß man rasch zur Entscheidung gelangen, ob man es mit einem atmosphärischen Phänomen zu tun hat oder nicht, sobald nur jenes gasförmige Medium unserer Lufthülle beiläufig ähnlich sieht. Ist dies nämlich der Fall, so würde sich die Lichtschwankung von Linné und der mit verwandten Erscheinungen behafteten Krater aktinisch gemessen größer herausstellen müssen als optisch; denn die Extinktion der chemisch wirksamen Strahlen durch unsere Atmosphäre beträgt das 2.1 fache der unserm Auge sichtbaren. Stillschweigende Voraussetzung bei alledem ist natürlich, daß die Sonnenstrahlen wirklich die angenommenen Gaswolken auf dem Monde durchdringen und erst von der darunter liegenden Oberfläche wesentlich reflektiert werden."

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1904. Prof. H. Kreutz gab[1]) eine Zusammenstellung der Kometenentdeckungen und Beobachtungen des Jahres 1904, denen folgendes entnommen ist: Brooksscher Komet 1903 V (1903d). Der Komet hat in der ganzen Erscheinung ungewöhnliche Helligkeitsschwankungen gezeigt. Die Beobachtungen mit dem 36-Zöller der Licksternwarte, die gegen Ende Oktober 1903 wegen Lichtschwäche abgebrochen waren, konnten bei größerer Helligkeit des Kometen am 10. Dezember wieder aufgenommen und bis 1904 Januar 14 fortgesetzt werden. Eine ausgedehntere Beobachtungsreihe als auf der Licksternwarte ist auf der Marinesternwarte in Washington erhalten worden, indem dort der Komet ununterbrochen von 1903 August 20 bis 1904 Februar 15 verfolgt worden ist. Auch hier wird betont, daß der Komet, wenn er auch im allgemeinen ein schwieriges Objekt war, doch an einzelnen Beobachtungstagen, wie z. B. am 6. und 13. Dezember und am 11. Februar überraschend hell gewesen ist.

Komet 1904 I (1904a), entdeckt von Brooks in Geneva N. Y. am 16. April 1904 in 17^h AR. und + 44° Dekl. Mit diesem Kometen beträgt die Zahl der Entdeckungen, die wir Brooks verdanken, 24. Am gleichen Tage hat den Kometen Lucien Rudaux in Donville,

---

1) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 1905. **40.** p. 81 ff.

Frankreich, auf der photographischen Platte fixiert, doch ist die Kometennatur des aufgefundenen Nebels erst nach Bekanntwerden der Brooksschen Entdeckung festgestellt worden. Endlich hat sich nachträglich herausgestellt, daß der Komet auf fünf Harvardplatten von 1904 April 1, 2, 5, 13 und 16 vorkommt; die Vermutung, daß auch zwei auf Platten vom 11. und 15. März 1904 aufgefundene nebelartige Objekte mit dem Kometen identisch seien, hat sich nicht bestätigt.

In den ersten Tagen der Sichtbarkeit hatte der Komet die Helligkeit eines Sternes 9. Größe mit einem scharfen Kerne 10. Größe, einer Koma von 1.5′ Durchmesser und einem fächerförmigen Schweife von 4′ Ausdehnung. Da der Komet sich andauernd in den nördlichen Teilen des Himmels bewegte und bei sehr langsamer Lichtabnahme viele Monate hindurch auch in mittlern Fernrohren sichtbar war, ist eine ungewöhnlich große Zahl von Beobachtungen angestellt worden. Mitte Januar 1905 war die Helligkeit erst auf die 11. Größe herabgesunken, so daß in lichtstarken Fernrohren auch noch auf weitere Beobachtungen zu rechnen sein wird.

Im Spektrum des Kometen trat nach einer Beobachtung auf der Harvardsternwarte vom 16. April das Bänderspektrum sehr gegen das kontinuierliche zurück, eine Erscheinung, die an die des Kometen 1898 VII erinnerte.

Bemerkenswert ist die ungewöhnlich große Periheldistanz des Kometen, $q = 2.71$. Sie reicht nahe an die des viel lichtschwächern Kometen 1903 II heran und wird bedeutend nur von der des in dieser Beziehung unerreicht dastehenden großen Kometen von 1729 übertroffen. Die folgenden Elemente sind von Nijland aus drei Beobachtungen 1904 April 17, Mai 3 und 19 abgeleitet worden und stellen auch jetzt noch den Lauf des Kometen nahe dar.

T = 1904 März 7.0940 m. Z. Berlin, $\omega = 53° 29' 53''$ 1904.0, $\Omega = 275° 45' 59''$ 1904.0, $i = 125° 7' 37''$ 1904.0, $\log q = 0.43248$.

Komet 1904 II (1904d), entdeckt 1904 Dezember 17 von Giacobini in Nizza am Morgenhimmel als schwacher, kleiner Nebel 11. Größe, in welchem mehrere knotenartige Verdichtungen zu erkennen waren. Der Komet, welcher schon November 3 sein Perihel passiert hatte, behielt zunächst seine Helligkeit bei, da die zunehmende Entfernung von der Sonne durch die Annäherung an die Erde kompensiert wurde. Erst seit Ende Januar ist sie in der Abnahme begriffen, doch kann zurzeit der Komet auch in mittelstarken Fernrohren noch beobachtet werden. Besondere Eigentümlichkeiten hat er bisher nicht dargeboten.

Die folgenden Elemente hat Aitken aus den Beobachtungen 1904 Dezember 19, 27 und 1905 Januar 9 abgeleitet:

T = 1904 November 3.2644 m. Z. Berlin, $\omega = 40° 42' 34.8''$ 1905.0, $\Omega = 218° 28' 4.5''$ 1905.0, $i = 99° 36' 41.2''$ 1905.0, $\log q = 0.274540$.

Zweiter Tempelscher Komet 1904 III (1904 c). Nachdem im August 1904 und später vergeblich nach diesem Kometen gesucht worden ist, ist endlich am 30. November 1904, drei Wochen nach dem Perihel, auf der Sternwarte in Nizza die erste Beobachtung gelungen. Der Komet war sehr schwach und bildete eine Nebelmasse von 1.5′ bis 2′ Durchmesser ohne Kern. Die nach den untenstehenden Elementen gerechnete Ephemeride von Coniel war bis auf eine Zeitsekunde genau, so daß das Fehlschlagen der frühern Nachforschungen nur in der größern Lichtschwäche des Kometn seinen Grund haben kann. Die schon früher bemerkte Eigentümlichkeit, daß der Komet nach dem Perihel mehr Licht als vorher ausstrahlt, hat sich also auch hier wieder gezeigt. Außer den ersten Beobachtungen in Nizza sind bis jetzt nur noch einige Ortsbestimmungen in Algier bekannt geworden.

Die der Ephemeride von Coniel zugrunde liegenden Elemente von Schulhof lauten:

Epoche 1904 Oktober 30.0 m. Z. Berlin. $M = 357° 51' 28.6''$, $\omega = 185° 44' 38.6$ 1904.0, $\Omega = 120° 59' 51.8''$ 1904.0, $i = 12° 38' 54.6''$ 1904.0, $\varphi = 32° 50' 3.7''$, $\mu = 672.175''$, $\log a = 0.481683$, T = 1904 November 10.472 m. Z. Berlin, U = 5.279 Jahre. — Die Störungen durch Jupiter und Saturn sind genähert berücksichtigt. Zur völligen Darstellung der Beobachtungen genügte eine Verminderung der mittlern Anomalie um 6″, entsprechend einer Verspätung der Perihelzeit um 0.010 Tage.

Enckescher Komet 1905 I (1904 b). Der Komet wurde nach der Ephemeride von Kaminsky und Okulitsch am 11. September von Kopff in Heidelberg als sehr schwache, diffuse Nebelmasse photographisch aufgefunden. Durch eine zweite Aufnahme vom 17. September wurde die Entdeckung bestätigt. Die ersten visuellen Beobachtungen fanden erst am 28. Oktober (Millosevich) und am 30. Oktober (Hartwig) statt, so daß es volle sechs Wochen gedauert hat, bis der Komet auch mit dem Auge gesehen werden konnte. Er war an diesen Tagen sehr groß mit einem Durchmesser von 10′; in der Mitte war eine schwache Verdichtung sichtbar. Im November nahm die Helligkeit erst langsam, später fast sprungweise zu. Am 25. November hatte der Komet nach Holetschek die 9., am 4. Dezember die 7., am 10. die 6., am 23. Dezember, kurz bevor er im Tageslichte verschwand, die 5. Größe erreicht. Die letzten Ortsbestimmungen sind, soviel bis jetzt bekannt, am 22. Dezember in Arcetri und Utrecht angestellt worden.

Zur Vergleichung mit der jetzigen Erscheinung kann die von 1828, bei der der Periheldurchgang nur einen Tag früher fiel, herangezogen werden. Damals fand W. Struve im Dorpater Refraktor den Kometen zuerst am 16. September als höchst schwache Nebelmasse auf; doch vertrug er ebensowenig an diesem Tage, wie am 2. Oktober die Beleuchtung der Fäden im dunklen Felde, so daß

die Ortsbestimmungen bis zum 13. Oktober hinausgeschoben werden mußten. An den andern Sternwarten begannen solche noch später, gegen Ende Oktober. Die spätern Angaben über die Helligkeit weichen wenig von denen Holetscheks in der jetzigen Erscheinung ab; hervorzuheben wäre höchstens, daß der Komet am 19. Dezember nach Holetschek dem Sterne 13 Delphini an Helligkeit nachgestanden hat, während Struve ihn am 7. Dezember 1828 als gleich hell mit diesem Sterne geschätzt hatte. Die Erscheinung von 1828 wird von Berberich zu den besonders hellen gerechnet, so daß also der Komet im Jahre 1904 das Maximum der Helligkeit zwar nicht ganz, aber doch annähernd erreicht zu haben scheint.

Der Ephemeride von Kaminsky und Okulitsch liegen die nachstehenden Elemente, bei denen die genäherten Jupiterstörungen berücksichtigt sind, zugrunde.

Epoche 1904 November 9.0 m. Z. Berlin, M = 341° 3′ 39.6″ 1904.0, ω = 184° 35′ 31.2″ 1904.0, Ω = 334° 27′ 8.2″ 1904.0, i = 12° 35′ 37.3″ 1904.0, φ = 57° 54′ 20.5″ — 2.394″ τ, μ = 1075.6661″ + 0.06930″ τ, log a = 0.345553, T = 1905 Januar 11.384 m. Z. Berlin, U = 3.298 Jahre.

Zur Darstellung der Beobachtungen war eine Korrektion der mittlern Anomalie von —9.52′ erforderlich, entsprechend einer Verspätung des Periheldurchganges um 0.53 Tage.

Komet 1905 II (1904 e) (Borrelly), entdeckt von Borrelly in Marseille am 28. Dezember als eine runde Nebelmasse 10. Größe von 1′ bis 2′ Durchmesser, mit etwas exzentrisch gelegenem Kerne 11. Größe. Die Helligkeit nahm bald ab und ist zurzeit auf die Hälfte der Entdeckungshelligkeit gesunken. Bei der Bahnberechnung hat sich herausgestellt, daß der Komet zur interessanten Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit gehört; die von Fayet aus Beobachtungen von Dezember 31 bis Januar 26 abgeleiteten Elemente lauten:

T = 1905 Januar 16.68442 m. Z. Berlin. ω = 352° 13′ 59.0″ 1905.0, Ω = 76° 41′ 34.5″ 1905.0, i = 30° 31′ 58.8″ 1905.0, φ = 38° 17′ 48.5″ 1905.0, μ = 503.932″, log a = 0.565090, U = 7.041 Jahre.

Die Bahn zeigt eine entfernte Ähnlichkeit mit der des Kometen Pigott von 1783, der nach den Elementen von C. H. F. Peters eine Umlaufszeit von 5.9 Jahren besitzt, aber bisher nicht wieder erschienen ist. Peters wies in seiner Abhandlung über den Kometen darauf hin, daß derselbe in seinen nächsten Umläufen starke Störungen hat erleiden müssen, die möglicherweise seine Bahn sehr verändert haben können. Ob tatsächlich eine Identität beider Kometen vorliegt, oder ob nur eine zufällige Verwandtschaft der Elemente vorhanden ist, wird erst entschieden werden können, wenn der Komet 1904 e in mehrern Erscheinungen beobachtet und damit eine genaue Feststellung der Umlaufszeit ermöglicht sein wird.

Für den Wolfschen Kometen, der 1905 Mai 4 sein Perihel

passieren wird, hatte Berberich für die Zeit von 1904 Mai 7 bis August 11 eine Ephemeride gerechnet, die aber zur Auffindung des wohl zu dieser Zeit noch zu lichtschwachen Kometen nicht geführt hat.

Der periodische Komet 1889 V (Brooks). Am 6. Juli 1889 entdeckte William R. Brooks zu Geneva im Staate New-York, einen schwachen teleskopischen Kometen, der bis in den Januar 1891 verfolgt werden konnte. Für das bloße Auge wurde dieser Komet niemals sichtbar, auch zeigte er keinerlei bemerkenswerte Eigentümlichkeiten im Aussehen; aber bald stellte sich heraus, daß die Bahn, die er beschrieb, ihn zu einem der interessantesten Gestirne dieser Art macht. Chandler war der erste, welcher nachwies,[1]) daß diese Bahn im Jahre 1886, als der Komet dem Jupiter sehr nahe kam, eine völlige Umgestaltung erlitten hatte und in ihrer heutigen Gestalt erst seit diesem Termine besteht. Noch mehr Interesse erregte die von Chandler gezogene Folgerung, daß dieser Komet wahrscheinlich identisch sei mit dem berühmten, verloren gegangenen Kometen von 1770, der unter dem Namen des Lexellschen Kometen in der Geschichte der neuern Astronomie eine große Rolle spielt. Der Lexellsche Komet war zuerst gesehen worden in der Nacht des 14. zum 15. Juni 1770 von Messier und konnte, mit einer Unterbrechung im Juli und August bis zum 3. Oktober beobachtet werden. Berechnungen einer parabolischen Bahn desselben, welche Pingré, Lambert und andere ausführten, stimmten nicht genügend mit den Beobachtungen überein, und Lexell fand, daß dieser Komet eine elliptische Bahn mit einer Umlaufszeit von 5 bis 6 Jahren beschreibt. Lexell zeigte ferner, daß der Komet im Mai 1767 dem Jupiter sehr nahe gekommen, und seine damalige Bahn wahrscheinlich durch dessen Einwirkung so verändert worden sei, daß er nunmehr, 1770, für uns sichtbar wurde. Eine zweite Annäherung an den Jupiter berechnete Lexell für den August 1779 und sprach aus, daß infolgedessen der Komet 1781 oder 1782 nicht zurückkehren werde. In der Tat ist er vergeblich gesucht und niemals wiedergesehen worden. Im Jahre 1844 legte Leverrier der Pariser Akademie eine genauere Untersuchung vor über die Bahn dieses Kometen und den Charakter der Störung, welche derselbe 1779 durch den Jupiter erlitten hat.[2]) Indessen konnte er nicht zu endgültigen Ergebnissen gelangen, weil mehrere der ältern Beobachtungen sich als so ungenau erwiesen, daß eine definitive Bahnbestimmung unmöglich war. Der Vergleich der Bahnelemente des Kometen nach der großen Jupiterstörung vor 1770 mit denjenigen des Brooksschen Kometen von 1886 nach Chandlers Berechnung, zeigt eine

[1]) Astron. Journ. Nr. 205.
[2]) Annales de l'Observ. de Paris **3**. p. 203.

überraschende Ähnlichkeit beider. Die Ergebnisse Chandlers beruhten indessen nur auf Beobachtungen, die sich über den kurzen Zeitraum von drei Monaten erstreckten. Auch waren bei der Berechnung die Störungen, die der Komet in den Jahren 1886 bis 1889 erlitten, nicht berücksichtigt worden. In seiner Abhandlung gab Chandler die Umlaufszeit des Kometen in der Bahn von 1886 auf 26,9 Jahre an, und auf der völligen Richtigkeit dieser Annahme beruht die Identität dieses mit dem Lexellschen Kometen. Im Jahre 1889 hatte sich Schulhof auf Grund einer andern Betrachtung gegen diese Identität ausgesprochen.[1]) In der zweiten Hälfte des Jahres 1889 nahm Prof. Lane Poor das Problem wieder auf,[2]) allein die Ergebnisse seiner Untersuchung wichen erheblich von denjenigen Chandlers ab und ließen die Frage ungelöst. In der Hoffnung, daß die Beobachtungen beim Wiedererscheinen des Brooksschen Kometen im Jahre 1896 zur Entscheidung der Frage von Bedeutung sein würden, berechnete Lane Poor neue Bahnelemente desselben, und mit Hilfe derselben konnte der Komet aufgefunden und verfolgt werden. Prof. Bauschinger bestimmte dann durch eine höchst sorgfältige Bearbeitung die Bahnelemente, die sich am besten den Erscheinungen des Kometen 1889 bis 1890 und 1890 bis 1897 anpaßten,[3]) wobei sich zeigte, daß kleine periodische Verschiedenheiten zwischen den beobachteten und berechneten Orten des Kometen bestanden. Auf Grund der Bauschingerschen Bahnelemente führte dann Neugebauer die Vorausberechnungen für die Wiederkehr des Kometen im Jahre 1903 weiter fort, und das Gestirn wurde am 18. August jenes Jahres sehr nahe dem vorausberechneten Orte aufgefunden und weiterhin beobachtet. Es schien nunmehr Prof. Lane Poor angezeigt, seine frühere Arbeit über den Kometen mit Hilfe dieser neuen Beobachtungen zu ergänzen und endgültige Ergebnisse über die Annäherung desselben an den Jupiter im Jahre 1886 und die dadurch hervorgerufene Veränderung seiner Bahn zu erhalten. Diese Arbeit hat er durchgeführt und veröffentlicht.[4]) Das Nachfolgende faßt die Hauptresultate derselben kurz zusammen.

Um die Bahnelemente des Kometen während der drei Epochen seiner Sichtbarkeit möglichst scharf zu verbinden, berechnete er zunächst aufs neue die Störungen, denen der Komet in den Intervallen 1889 bis 1896 und 1896 bis 1903 durch die Anziehung der Erde, des Mars, des Jupiter und Saturn ausgesetzt war. Es ergab sich, daß die mittlere Bewegung des Kometen von 1896 bis 1903 anscheinend etwas größer war als während der Zeit 1886 bis 1889, aber keine

[1]) Bull. astronomique 1889, November, Dezember.
[2]) Astron. Journ. Nr. 320.
[3]) Unters. über den period. Kometen 1889 V, 1896 VI (Brooks) 2. Teil.
[4]) Contr. from the Observatory of Colombia Univ. Nr. 22. Auszug daraus in Astron. Nachr. Nr. 4016.

Annahme über eine und dieselbe mittlere Bewegung konnte allen drei Erscheinungen des Kometen genügen. Eine Revision der Rechnungen zeigte, daß auch die Störungen durch die Venus nicht vernachlässigt werden durften, indem sie nahezu gleich groß, wie die des Mars waren. Wurden diese berücksichtigt, so kamen alle Ortsbestimmungen des Kometen während seiner drei Erscheinungen in gute Übereinstimmung.

Prof. Lane Poor schritt dann zur Untersuchung der Einwirkung des Jupiter auf die Bahn des Kometen im Jahre 1886, indem er zunächst die Bahn bestimmte, welche dieser beschrieb, als er die Sphäre der überwiegenden Anziehung des Jupiter verlassen. Nachdem dies geschehen, berechnete er die Elemente der hyperbolischen Bahn, in welcher sich der Komet bis dahin um Jupiter bewegt hatte, dann auch die Störungen seiner Bewegung durch die Sonne in der Zeit von Oktober bis März 1886 und jene, die von der abgeplatteten Gestalt des Jupiter herrühren. Unter Berücksichtigung dieser Einwirkungen ergaben sich dann die Bahnelemente der Ellipse, welche der Komet am 24. März 1886 um die Sonne beschrieben hatte, in dem Augenblicke, da er in die Aktionssphäre des Jupiter trat. Einige Monate vor dieser Zeit waren Jupiter und der Komet so nahe beieinander, daß die Bahn des letztern ununterbrochen durch die Anziehung des erstern verändert wurde. Es wurde daher erforderlich, die Störungen, welche Jupiter auf dieselbe ausübte, auch noch für eine gewisse frühere Dauer zu berechnen, und auf diese Weise fanden sich dann endlich die Bahnelemente für die Epoche 1883 bis 1885. Sie lieferten als Umlaufsdauer des Kometen die Zeit von 29.22 Jahren mit einer Unsicherheit von etwa 0.03 Jahr. Lexells Komet hatte 1779 die große Störung seiner Bewegung in dem Teile der Jupiterbahn erlitten, in welchem 1886 der Komet Brooks ebenfalls die Veränderung seiner Bahnelemente erlitt. Zwischen beiden Appulsen liegt ein Zeitraum von 107 Jahren, dem, falls die Identität beider Kometen erwiesen sein soll, genau entsprochen werden muß. Wenn die Umlaufsperiode des Kometen Brooks im Jahre 1883, vor der großen Störung aber, wie oben gefunden, 29.22 Jahre betrug, so ist dies kein aliquoter Teil von 107, so daß, falls der Komet in der Zwischenzeit nicht noch andere und merkliche Bahnänderungen erlitten hat, die ganze Frage nach der Identität beider Kometen hinfällig wird. Eine große Annäherung des Kometen Brooks an den Saturn ist nicht nachweisbar; wenn dagegen die Umlaufszeit dieses Kometen 1883 etwas länger war, als nach den definitiven Bahnelementen sich ergeben hat, so würde eine bedeutende Annäherung desselben an den Jupiter im Jahre 1827 erfolgt sein. Hätte in der Tat diese Umlaufsdauer vor 1883 29.6 Jahre betragen, so wären zwei Umläufe des Kometen genau gleich fünf Umläufen des Jupiter gewesen, und beide Weltkörper würden 1827 einander sehr nahe gewesen sein. Prof. Lane Poor hält es nicht für unmöglich, daß tatsächlich

die Umlaufsdauer des Kometen 29.6 (statt, wie die Revision ergab, 29.2) Jahre betrug. Die von der abgeplatteten Gestalt des Jupiter bedingten Störungen der Bewegung des Kometen übten nämlich einen beträchtlichen Einfluß aus, und dieser ist schwer mit völliger Schärfe zu bestimmen. Das Ergebnis der umfassenden Arbeit ist demnach, daß die Möglichkeit einer Identität des Kometen Brooks mit dem Lexellschen Kometen vorhanden ist, aber die Rechnungen selbst für die Nichtidentität beider sprechen.

Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1903 IV. Auf Grund einer genauen Untersuchung, welche sich auf photographische Aufnahmen des Schweifes des genannten Kometen am 24. Juli 1903 stützt, hat R. Jaegermann eine höchst merkwürdige Tatsache gefunden.[1])

Diese Untersuchungen betreffen die Bewegung eines vom Kopfe des Kometen vor dessen Periheldurchgange völlig losgetrennten Schweifstückes und stützen sich auf die photographischen Aufnahmen, welche auf der Yerkes- und Lickssternwarte, sowie an andern Orten gemacht worden sind. Es ergibt sich daraus das interessante und für die Theorie der Kometenschweife wichtige Ergebnis, daß jenes Schweifende mit der dem Kometenkerne am nächsten liegenden Seite sich innerhalb eines Zeitraumes von 6^h 59^m nicht allein von der Sonne fort-, sondern zugleich mit einer mittlern Geschwindigkeit von 35 *km* in der Sekunde in einem zur Sonne konvexen Bogen bewegte. Gleichzeitig entfernte es sich von der Sonne mit einer mittlern Geschwindigkeit von 17.2 *km* in der Sekunde. Der Kern des Kometen bewegte sich um dieselbe Zeit in seiner Bahn mit einer Schnelligkeit von 43.5 *km* und näherte sich der Sonne mit einer solchen von 35.0 *km* pro Sekunde. „Wie zu ersehen", sagt Jaegermann, „haben wir es hier mit Geschwindigkeiten zu tun, welche sehr weit entfernt sind von den Geschwindigkeiten des Lichtes, der Elektrizität, der Kathodenstrahlen. Es ist also eine ponderable Materie, welche sich in dem Schweife unter dem unzweifelhaften Einflusse einer von der Sonne ausgehenden, im allgemeinen aber gleich der gewöhnlichen Attraktion unbekannten repulsiven Kraft befindet, da diese Materie sich auf einem zur Sonne konvexen Bogen mit einer mäßigen Geschwindigkeit fortbewegt, während der Kern sich der Sonne auf einem zu derselben konkaven Bogen nähert. Der konvexe Bogen ist ein Teil einer zur Sonne konvexen Hyperbel, deren zweiter Brennpunkt sich im Sonnenzentrum befindet. Ein vor dem Perihel des Kometen ausgeströmter Stoff bewegt sich, der Theorie gemäß, zuerst zur Sonne hin, geht dann durch sein hyperbolisches Perihel, um sich darauf wieder von der Sonne zu entfernen. Im gegenwärtigen Falle wurde die Schweifmaterie erst

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3978.

nach ihrem Durchgange durch das hyperbolische Perihel beobachtet."

Als Moment der Ausströmung aus dem Kerne findet sich der Rechnung nach Juli 23 10h m. Zt. v. Berlin. An jenem Tage ist der Komet sowohl auf dem Lick- als auf dem Yerkesobservatorium photographiert worden. Das in Rede stehende Schweifende ist aber auf diesen Photographien nicht zu sehen, weil es in fast derselben Richtung und fast mit derselben Geschwindigkeit wie der Kern des Kometen sich bewegte und darum von demselben sich in einer Entfernung befand, welche kleiner als der Halbmesser der Nebelhülle des Kometenkopfes war. „Spuren des andern, vom Kerne entferntern, schon früher ausgeströmten Schweifendes sind dagegen auf beiden Photographien schon deutlich ausgesprochen. Am 25. Juli wurde der Komet wiederum zuerst von Barnard, darauf von Curtiss photographiert. Auf beiden Photographien war das Schweifende ebenfalls nicht mehr zu sehen, weil es sich der Theorie gemäß erstens ganz am Ende, resp. außerhalb des fixierten Schweifes befand und namentlich, weil es sich zweitens mit der enormen Bahngeschwindigkeit von schon 74.5 resp. 81.9 *km* pro Sekunde bewegte, so daß die entsprechenden Schweifteilchen infolge der hierdurch hervorgebrachten Zerstreuung im Raume keine Wirkung mehr auf die photographische Platte äußern konnten".

„Die von Bredichin ausgearbeitete mechanische Kometentheorie,"[1]) sagt Jaegermann, „erklärt die beim Kometen 1903 IV beobachtete Bewegung der Schweifmaterie vollständig. Auch diejenigen Formen, welche gerade die Ecksteine dieser Theorie bilden, sind bei diesem Kometen beobachtet worden. Es ist dieses die auf der Aufnahme von S. Albrecht am 12. August 1903[2]) in der krassesten Weise ausgesprochene Wellenform und ihre Komplizierung, die Gammaform, auf der Zeichnung von Fournier am 13. August 1903.[3]) Diese Formen, welche bekanntlich durch schwingende Bewegungen eines oder zweier gleichzeitiger Ausströmungssektoren entstehen, weisen ebenfalls auf das beharrlichste darauf hin, daß die Schweifmaterie des Kometen 1903 IV sich auch an andern Tagen mit äußerst geringer Geschwindigkeit — im Vergleiche zu der des Lichtes usw. — den Schweif hinunter, von der Sonne fortbewegt haben muß; im entgegengesetzten Falle könnten niemals solche Formen entstehen und beobachtet werden.

Ein Kometenschweif ist also ein materielles Gebilde, welches mit dem Kerne aber nicht konstant vereinigt ist, sondern sich nur aus demselben mehr oder weniger regelmäßig und stetig bis zu einer früher oder später eintretenden Erschöpfung erzeugt, um dann für

[1]) Vgl. über dieselbe Sirius 1904.

[2]) Lick Obs. Bull. Nr. 52.

[3]) Bull. de la Soc. astr. de France, Sept. 1903.

den Kern infolge der stetigen Einwirkung der repulsiven Sonnenkraft ganz verloren zu gehen“.

Später hat R. Jaegermann noch neue Untersuchungen über den Gegenstand veröffentlicht,[1]) für welche er photographische Aufnahmen von J. Roberts und M. F. Smith, die an dem nämlichen Tage erhalten wurden, benutzen konnte. Dieselben bestätigen in Verbindung mit den frühern Aufnahmen die stetige Fortbewegung des Schweifendes vom Kerne des Kometen und gleichzeitig von der Sonne. Hiernach vollzog sich die Fortbewegung der Schweifmaterie von der Sonne auf einem zur Sonne konvexen Bogen, dessen Länge, 983 592 *km*, vom Schweifende in 7^h 58^m durchlaufen ward. Hieraus ergibt sich eine mittlere Orbitalgeschwindigkeit der Schweifmaterie, auf Grund direkter Beobachtungen, von nur 34.3 *km* pro Sekunde. Im Laufe dieser 7^h 58^m hat sich die Schweifmaterie von dem Kerne, in der Richtung des verlängerten Radiusvektors, mit der mittlern Geschwindigkeit 51.21 *km* pro Sekunde fortbewegt, von der Sonne aber in derselben Richtung, nur mit 16.20 *km* pro Sekunde.

Wie Jaegermann schon in der ersten Abhandlung bemerkte, nähert sich die vor dem Perihel des Kernes ausgeströmte Materie zuerst der Sonne, geht dann durch ihr hyperbolisches Perihel, um sich darauf stetig von der Sonne zu entfernen. Es ergab sich, daß die Schweifmaterie erst nach ihrem Periheldurchgange photographiert wurde, doch muß dieser Periheldurchgang sich kurz vor der photographischen Aufnahme von Roberts vollzogen haben.

Diesen Rechnungen zufolge ist die uns interessierende Schweifmaterie vom Kerne ausgeströmt im Momente 1903 Juli 23.40 083 m. Zt. Berlin, mit der Anfangsgeschwindigkeit 0.42 oder 12.5 *km* pro Sekunde zum Kerne, unter dem Winkel $-21° 30'$ zum Radiusvektor (negativ vor dem Radiusvektor) und bewegte sich in der Kometenbahnebene auf einer zur Sonne konvexen Hyperbel, unter dem Einflusse einer von der Sonne ausgehenden repulsiven Kraft $= 89.05$.

Im Ausströmungsmomente (23. Juli) trat die Schweifmaterie mit einer Orbitalgeschwindigkeit von 55.2 *km* pro Sekunde (zur Sonne) in die Kometenbahn, unter einem Winkel von $3° 13.5'$ zu derselben, hinein. Sie bewegte sich also fast in derselben Richtung, wie der Kern, zur Sonne hin und trat erst fünf Stunden später mit der schon bis zu 46.7 *km* pro Sekunde verminderten Orbitalgeschwindigkeit aus derselben wieder hinaus, um aber immer noch ihre Bewegung zur Sonne, in der Nähe des Kernes, jedoch stets vor demselben verbleibend, fortzusetzen. Ungefähr drei Stunden nach dem Austritte der Schweifmaterie aus der Kometenbahn wird der Komet von Barnard und fünf Stunden später nach demselben Momente, von Curtiss photographiert, als die Geschwindigkeit der Schweif-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4025.

materie nur noch 42.3 resp. 38.8 *km* pro Sekunde beträgt, während der Kern sich die ganze Zeit mit einer nahezu konstanten Orbitalgeschwindigkeit von 43.1 *km* pro Sekunde bewegte. Infolge dieser fast gleichmäßigen und mit dem Kerne in derselben Richtung sich vollziehenden Bewegung der Materie des Schweifendes befand letzteres, während der photographischen Aufnahmen von Barnard und Curtiss, sich in so geringer Entfernung vom Kerne, welche kleiner als der entsprechende Radius der Nebelhülle ist. Spuren des andern, vom Kerne entferntern, schon früher, etwa Juli 22.52 ausgeströmten Schweifendes sind dagegen auf der Photographie Barnard und namentlich Curtiss deutlich ausgesprochen.

Es ist also der „ephemere" Schweif auch am 23. Juli photographiert worden, nur besaß er noch nicht die Länge, wie am folgenden Tage (24. Juli), was bekanntlich mit der mechanischen Theorie der Kometenschweife übereinstimmt, da eine Hyperbelbewegung der Schweifmaterie in kurzer Zeit, namentlich bei einer so großen Kraft, eine ungeheure Ausdehnung und Zerstreuung der Schweifmaterie in der Richtung von der Sonne weg hervorruft. Die vom Kerne entferntern und früher ausgeströmten Teile eines Kometenschweifes besitzen im allgemeinen eine andere, größere Geschwindigkeit und bewegen sich in andern Bahnen, als die dem Kerne nähern Teile.

Am folgenden Tage (24. Juli) erreichte die entsprechende Schweifmaterie eine minimale Orbitalgeschwindigkeit von 30.15 *km* pro Sekunde im Perihel.

„Bei der weitern Fortbewegung der Schweifmaterie von der Sonne unter dem Einflusse der gleich der gewöhnlichen Attraktion, nach dem Gesetze des Quadrates der Abstände wirkenden repulsiven Kraft, muß natürlich die orbitale Geschwindigkeit stetig wachsen, und die Schweifmaterie, welche sich außerdem noch auf auseinander gehenden Hyperbelbahnen bewegt, muß sich immer mehr und mehr bis zur Unsichtbarkeit im Raume ausdehnen und endlich ganz zerstreuen. Den Rechnungen gemäß befand sich das uns interessierende Schweifende am 25. Juli, während der neuen photographischen Aufnahmen von Barnard und Curtiss, schon in sehr großer Entfernung vom Kometenkerne und besaß namentlich schon solche großen Orbitalgeschwindigkeiten, 74 resp. 82 *km* pro Sekunde, daß die hierdurch völlig zerstreute Materie keine Wirkung mehr auf die photographische Platte äußern konnte."

„Die hier beim Kometen 1903 IV auch durch die andern Photographien völlig bestätigte Bewegung des Schweifendes auf einer zur Sonne konvexen Hyperbel, mit einer, nur einer ponderabeln Materie zukommenden Geschwindigkeit, bestätigt somit endgültig, wenn es überhaupt einer solchen Bestätigung in Anbetracht der grundlegenden Untersuchungen von Th. Bredichin bedurft hätte, daß erstens die Kometenschweife materielle Gebilde sind, und daß

zweitens die Existenz einer von der Sonne ausgehenden repulsiven Kraft, welcher Natur sie auch sein mag, nicht dem geringsten Zweifel mehr unterzogen werden kann und darf."

„Es ist noch interessant," fährt Jaegermann fort, „schon an dieser Stelle kurz zu bemerken, daß eine ebensolche mäßige Bewegung der Schweifmaterie auf einer zur Sonne konvexen Hyperbel auch beim Kometen Swift 1892 I, auf Grund der von W. H. Pickering[1]) gegebenen Messungen einer Schweifverdichtung, in einer noch viel krassern Form nachgewiesen werden kann. Die Bewegung der Schweifverdichtung kann im Laufe von sechs Tagen, 5. bis 10. April 1892 (in der Perihelgegend des Kernes) auf einem zur Sonne und zur Kometenbahn sehr stark konvexen Bogen von 31.5 Millionen Kilometer Länge verfolgt werden. Die mittlere Orbitalgeschwindigkeit des Kernes betrug während dieser Zeit 41.5 *km* pro Sekunde, während die mittlere Orbitalgeschwindigkeit der Schweifverdichtung in den verschiedenen Zeitintervallen, auf Grund direkter Beobachtungen, beständig wächst, und zwar:

1892	April	5	bis	April	6	45	*km*	pro	Sekunde
	„	6	„	„	7	57	„	„	„
	„	7	„	„	8	68	„	„	„
	„	8	„	„	10	95	„	„	„

Die Ursache der längern Sichtbarkeit der Schweifmaterie liegt in diesem Falle hauptsächlich in dem viel geringern Werte der repulsiven Kraft, als beim Kometen 1903 IV. Den vorläufigen Rechnungen gemäß übertrifft sie die gewöhnliche Attraktion nur ungefähr 36 mal, nach Pickering 39.5 mal. Einen solchen Wert der repulsiven Kraft 36 für den I. Schweiftypus erhielt schon Bredichin auf Grund einer Untersuchung der von Hussey gemessenen Bewegung einer Schweifverdichtung des Kometen Rordame 1893 II. Dieser Wert 36 steht also nicht mehr vereinzelt da.

Interessant ist noch die Tatsache, daß die bis jetzt bekannten Werte der Repulsionskräfte I. Typus 18, 36, 89 nicht kontinuierlich ineinander übergehen, sondern sich wie die ganzen Zahlen 1 : 2 : 5 verhalten. Die Ursache hiervon ist gewiß in einer entweder rein physischen oder chemischen Verschiedenheit der diesen Kräften entsprechenden Schweifmaterie zu suchen".

Physische und photometrische Beobachtungen des Kometen 1904 I hat Dr. C. W. Wirtz am 18-zölligen Refraktor der Straßburger Sternwarte angestellt.[2]) In bezug auf die Größe seines Perihelabstandes von der Sonne (q = 2.71 Erdbahnradien) nimmt dieser Komet die dritte Stelle ein, denn er wird darin nur von dem Kometen 1729

[1]) Annals of the Astronomical Observ. of Harvard College **32**. 1900. Part II. p. 277.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 4002.

($q = 4.05$) und dem Kometen 1903 ($q = 2.78$) übertroffen. Das Aussehen seines Kernes unterlag nach den Beobachtungen von Dr. Wirtz während der Beobachtungszeit starken Schwankungen. Zu Anfang, am 19. April, erschien er deutlich gekörnt und entsandte kurze Strahlen in die Koma hinein; die Schärfe seiner Definition ließ zu wünschen übrig, so daß er sich am 24. und 26. April nur als starke, im P. W. 80° bezw. 40° gedehnte körnige Lichtanhäufung repräsentierte. Am 28. April war der Kern kaum als schwache Verdichtung gegen die Mitte, am 30. April etwas besser als starke zentrale Konzentration wahrnehmbar. Nachdem er dann am 3. Mai wieder scharf gesehen worden, zerfiel am 4. Mai die unregelmäßig gestaltete Kernscheibe in mehrere Körner, um am folgenden Tage wieder ein fixsternartiges Aussehen anzunehmen. Der 14. Mai zeigte die Kernscheibe von neuem leicht, aber deutlich granuliert, und am 19. Mai sah man sie grobgekörnt mit kurzen zugerundeten, nach Art eines Sternpolygons nahe symmetrisch angeordneten Strahlen. Vom 30. Mai bis Mitte Juli blieb der Kern klein und fixsternähnlich, ging am 15. Juli in eine schlecht umrissene Kernscheibe mit angedeuteter Granulierung über und nahm am 19. Juli wieder eine befriedigende Präzision an, die jetzt bei abnehmender Lichtstärke und aufhellendem Himmelsgrunde bis etwa Mitte September bestehen blieb. Eine Ausnahme bildet der 19. August, an dem kein Kern gesehen wurde; am 27. und 29. August blitzte um den eigentlichen Kern ein Kranz weiterer Lichtpünktchen auf. Am 5. September hatte sich das Kernchen ein wenig exzentrisch gelagert, und vom Oktober an wurde ein Kern trotz aller Anstrengung nicht mehr erkannt.

Über den Durchmesser des Kernes liegen die folgenden Schätzungen vor.

1904		Kerndurchmesser	
April	19	2″	(3200 *km*)
	24	5	(8000 „)
	26	1.5	(2400 „)
Mai	4	3	(5100 „)
	19	3	(5400 „)
Juli	15	7	(17500 „)

Im Gegensatze zum Kerne zeigte die Koma ein sehr konstantes Äußere; dies mag aber nur daher rühren, daß sich Änderungen bei ihrer gänzlich diffusen Begrenzung, abgesehen vom Durchmesser, kaum hätten erkennen lassen. Nur so viel darf man vielleicht aussagen, daß das anfangs starke Anwachsen der Helligkeit zur Mitte hin gegen den Schluß der Erscheinung sich verlor, und der Glanz ziemlich gleichförmig verbreitet gewesen zu sein scheint. Gestützt wird diese Annahme nicht nur durch die direkten Wahrnehmungen der Lichtverteilung, sondern auch durch die bis zum November beobachtete Größe des Durchmessers der Koma; wären nämlich ihre äußern Partien stets im gleichen Verhältnisse zum Zentrum

schwach gewesen, so hätten sie sich auf dem hellen Himmelsgrunde verlieren und die Durchmesser der Koma erheblich geringer angesetzt werden müssen.

Die Komadurchmesser wurden von Dr. Wirtz geschätzt:

1904		Komadurchmesser		1904		Komadurchmesser	
April	19	1.6′	(160000 *km*)	Aug.	2	1.0′	(160000 *km*)
	20	2.2	(210000 „)		4	0.7	(110000 „)
	21	2.0	(200000 „)		12	1.0	(160000 „)
	28	1.5	(150000 „)		19	0.5	(84000 „)
	30	1.5	(150000 „)		27	0.5	(85000 „)
Mai	3	2.0	(200000 „)		29	1.2	(200000 „)
	7	2.0	(200000 „)	Sept.	5	1.0	(170000 „)
	11	1.7	(170000 „)		17	2.3	(400000 „)
	14	2.5	(260000 „)	Okt.	10	1.0	(180000 „)
	19	3.0	(320000 „)		27	2.0	(350000 „)
	30	2.0	(230000 „)		28	2.0	(350000 „)
Juli	9	0.8	(110000 „)	Nov.	4	1.5	(260000 „)
	15	0.6	(90000 „)				

Der Schweif des Kometen entwickelte sich erst während der Erscheinung. Am 19. und 20. April zeigte sich nur ein schwacher kurzer Schweifansatz, am 3. Mai ein ganz blasser breiter verwaschener Schweif, der am 11. Mai, wohl leichten Dunstes wegen, nur geahnt werden konnte, am 14. Mai aber eine deutlich fächerartige Figur und längs der Mittelachse einen dunklern Kanal aufwies. Am 6. Juni prägten die hellern Partien von Koma und Schweif bis auf 2 Abstand vom Kerne klar die Zwiebel- oder Gammafigur aus, von der die übrige Schweifmaterie, die die gewöhnliche, gerade mit wachsender Entfernung vom Kerne allmählich verbreiterte Form bildete, durch den Helligkeitssprung scharf sich schied. Am 6. Juli schien der Schweif in zwei fast parallele, von der breitern Koma ausschließende Äste zu zerfallen; am 9. Juli zeigte sich wiederum die Zwiebelfigur, die diesmal allein den ganzen Schweif ausmachte. Am 3. August konnte der Schweif zum letzten Male als äußerst zartes blasses Gebilde erkannt werden.

Meteoriten.

Die gemeinsame kosmische Abkunft der Meteoriten von Stannern, Jonzac und Juvenas ist von Prof. v. Nießl rechnerisch untersucht worden. Der erstgenannte Meteorit fiel im Mai 1808, der zweite im Juni 1819, der dritte im Juni 1821. Die Untersuchung, welche der K. K. Akademie in Wien durch Hofrat E. Weiß vorgelegt wurde, ergab folgendes.[1])

[1]) Wiener Akad. Ber. 1904. p. 343.

Die Epochen und scheinbaren Radianten der drei Meteoriten sind:

			Radiant AR	D
1. Stannern:	1808, Mai 21,	17^h 30^m bis 18^h	315°	— 15°
2. Jonzac:	1819, Juni 12,	17 45	185	+ 58.5
3. Juvenas:	1821, Juni 15,	3	141	— 13.5

Wie schon diese Strahlungspunkte erkennen lassen, stellen sich die Bahnen, welche die Meteoriten unmittelbar vor dem Zusammentreffen mit der Erde verfolgt haben konnten, als sehr wesentlich voneinander abweichend heraus, welche Geschwindigkeiten man ihnen auch zuschreiben mag. Namentlich unterscheidet sich die Bahn der Meteoriten von Stannern von jenen der beiden andern Fälle dadurch, daß sie sich streng rückläufig erweist, während diese, wenn auch mit verschiedenen Neigungen, rechtläufig waren.

Daraus mußte unabweisbar gefolgert werden, daß ein etwaiger kosmogenetischer Zusammenhang zwischen den drei Fällen nur in einer entferntern frühern Bewegungsphase gesucht werden könnte. Die in dieser Richtung geführte Untersuchung konnte sich jedoch nur auf die Möglichkeit eines solchen Zusammenhanges erstrecken, da für die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit aus den vorliegenden Beobachtungsresultaten ganz verläßliche Grundlagen nicht zu gewinnen waren.

Die Prüfung sehr verschiedenartiger Annahmen führte der Hauptsache nach zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Versuch, diese voneinander sehr abweichenden heliozentrischen Bahnen aus einer im Weltraume, außerhalb des Sonnensystems für alle drei bezüglich der Richtung und Geschwindigkeit nahezu identischen Bewegung abzuleiten, begegnet keinen Schwierigkeiten. Er liefert ein positives, mögliches und bezüglich der beiden letztern Fälle auch wahrscheinliches Resultat. Hinsichtlich der Falles von Stannern würde sich jedoch für die ursprüngliche Bahn, vor dem Eintritte in das Sonnensystem, der laterale Abstand von den beiden andern sehr groß ergeben. Es müßte also dann für die Quelle dieser Meteoriten ein aufgelöster stellarer Strom von sehr bedeutendem Querschnitte angenommen werden.

2. Bei der Prüfung der Hypothese, daß die drei verschiedenen Bahnen innerhalb des Sonnensystems noch identisch waren, aber durch Störungen seitens eines der großen Planeten, insbesondere Jupiters, erst die nachgewiesenen Abweichungen erlangten, mußte die Frage getrennt werden.

a. Die Bahnen von Jonzac und Juvenas können ohne sehr unwahrscheinliche Annahmen durch solche Störungen aus ursprünglich einheitlichen erzeugt worden sein.

b. Aus denselben oder ähnlichen ursprünglichen Bahnen in gleicher Weise jene der Meteoriten von Stannern abzuleiten, ist

ohne Voraussetzungen, denen nur geringe Wahrscheinlichkeit zukommen würde, kaum möglich.

3. Würde man dagegen den Ort solcher Störungen im Sonnensysteme sehr weit über die Regionen der uns bekannten Planeten hinaus annehmen, so wäre allerdings auch die Ableitung der rückläufigen Bahn von Stannern, wie der beiden rechtläufigen, aus wenig voneinander abweichenden primären Bewegungen möglich.

4. Wollte man diese Meteoriten als vulkanische Auswürflinge eines interplanetarischen Körpers betrachten, so könnte letzterer auch nur in großer Ferne, weit über die unsern Beobachtungen zugängliche Planetenregion hinaus, angenommen werden.

Aus jedem Gesichtspunkte erscheint zunächst die Zusammengehörigkeit der Meteoriten von Jonzac und Juvenas viel wahrscheinlicher als deren genetische Beziehung zu den Meteoriten von Stannern.

Neue Untersuchungen über den Meteoriten von Cañon Diablo.[1]) Das in Arizona bei Cañon Diablo gefundene gediegene Eisen ist mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, und in demselben sind sehr harte, kleine Bestandteile, sodann schwarze Diamanten und von Henry Moissan selbst auch einzelne durchsichtige Diamanten nachgewiesen worden. Für seine erste Untersuchung hatte letzterm aber nur ein kleines, 4 *g* wiegendes Stückchen Eisen zur Verfügung gestanden; jüngst wurde ihm Gelegenheit, an einem voluminösen Stücke des Eisens von Cañon Diablo von 183 *kg* Gewicht diese Untersuchung wieder aufzunehmen.

Das Probestück hatte die an den Meteoriten bekannte unebene Oberfläche von dunkelkastanienbrauner Farbe und ließ beim Zerschneiden die Bandsäge ziemlich leicht bis zur Tiefe von einigen Zentimetern eindringen. Bald aber schien die Säge auf einen sehr harten Körper gestoßen zu sein, und der Einschnitt nahm nicht zu; erst mit einer andern Säge und kräftigern Zügen gelang es nach mehrern Stunden, den Widerstand zu überwinden, und man konnte weiter sägen, um sehr bald wieder auf einen ähnlichen Widerstand zu stoßen. Dies wiederholte sich so oft, daß erst eine Arbeit von 20 Tagen den Eisenblock in zwei Teile zerlegt hatte.

Die Schnittfläche maß 626 *qcm*; sie war auf der einen Hälfte homogen von der Farbe und dem Glanze des Eisens, während auf der andern fünf große und drei kleinere Flecke sichtbar waren, die graue oder schwarze Farbe, elliptische oder kreisförmige Gestalt besaßen und durch schwarze, unregelmäßige Linien oder schwarze Spalten zusammenhingen. Diese Flecken waren die Stellen, welche beim Zersägen den großen Widerstand dargeboten hatten, was man

[1]) Compt. rend. 1904. **139**. p. 773—780.

an der Vertiefung der Metallfläche erkennen konnte. Unter dem Mikroskop erschien der metallische Teil homogen, während die elliptischen Flecke heller und kristallinisch aussahen; manche waren von einem schwarzen Bande umgeben; die Spalten waren mit einer schwarzen, bandförmigen Masse gefüllt. In den Hüllen einiger Ellipsen erkannte man Haufen glänzender Kristalle von metallischem Aussehen; an andern Stellen enthielten die Hüllen und Spalten schwarze, sehr feinkörnige Massen.

Für die chemische Analyse dieses Meteoriten wurden 53 *kg* in reiner Salzsäure gelöst, wobei die Schnittfläche sehr bald parallele Streifungen hervortreten ließ, die hin und wieder von senkrechten Streifen geschnitten wurden. Ferner zeigte sich, daß die elliptischen Flecke des Querschnittes Knoten entsprachen, die in der Salzsäure zerfielen, angegriffen wurden und zu Boden sanken; man sah auf ihnen scharf randige Näpfchen, wie an der Oberfläche der meisten Meteoriten. Der sich während der Lösung entwickelnde Wasserstoff enthielt Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff. Einer gesonderten Analyse wurden das Metall, die Knoten und die Kohlenstoffvarietäten unterworfen.

Das Metall erwies sich als Legierung von Eisen und Nickel, welche geringe Mengen von Phosphor, Silizium, Schwefel, Kalzium, Magnesium und Spuren von Kobalt enthielt. Seine Zusammensetzung war keine gleichmäßige; der Nickelgehalt variierte an den außen entnommenen Stücken zwischen 1.66% und 3.61%, während eines aus dem Innern 3.94% Nickel enthielt. In der Nähe der Knoten wurde im Metall mehr Phosphor und Kohle gefunden als fern von diesen. Die Knoten enthielten teils metallische Bruchstücke, teils schwarze und amorphe Teile. Mit Salzsäure erhielt man unter starker Entwicklung von H_2S eine Lösung, die viel Eisen, Nickel und etwas Kobalt, ferner eine geringe Menge Phosphor, Silizium, Kalzium und Magnesium enthielt. Der unlösliche Teil bestand aus Kieselerde, amorpher Kohle, Graphit und schwarzen, sowie durchsichtigen Diamanten. Der in Salzsäure unlösliche Rückstand enthielt glänzende, teils nadel-, teils würfelförmige Kriställchen, die aus Phosphoreisen von der Formel P_2Fe_3 bestanden. Ferner hat Moissan die Anwesenheit von Kohlenstoffsilizid nachgewiesen. Der Kohlenstoff endlich, der sich in wechselnder, aber stets geringer Menge in der Eisennickellegierung fern von den Knoten gefunden, war teilweise bei der Lösung des Meteoriten in Form von Kohlenwasserstoff entwichen. Der Rückstand, in dem zuweilen Stückchen von 1/4 *ccm* angetroffen wurden, zeigte den Kohlenstoff in verschiedenen Zuständen: als sehr leichte, dunkelkastanienfarbige, feinpulverige Kohle, aus der Zersetzung von Karbiden stammend, als hellere Kohlenstückchen, die durch Druck zusammengebacken schienen, als Graphit, der stets amorph war,

als schwarzer Diamant aus runden Körnern in reicher Menge und als durchsichtiger Diamant in Form von Tropfen und Oktaedern mit abgerundeten Kanten.[1])

Radianten und Höhen von Meteoren der Aprilperiode 1874 hat Prof. Dr. Broch bestimmt.[2]) In der Zeit vom 19. bis 24. April 1874 wurden zu Wien, Pola, Kremsmünster, Brünn und O'Gyalla insgesamt 442 Beobachtungen von Sternschnuppen veranstaltet. Unter diesen wurden 36 als korrespondierende Meteore erkannt. Als Mittelwert für die Höhe des Erscheinens wurde 177, für die Höhe des Verschwindens 119, für die Bahnlänge 92 *km* gefunden.

Radiationspunkte wurden 12 aufgestellt. Von den diesen Radianten entsprechenden Meteorschwarmbahnen weisen, von dem Hauptradianten I bei α Lyrae abgesehen, die Radianten II, V und VIII mit den Bahnen der Kometen 1864 III, beziehungsweise 1849 III und 1844 II ziemliche Ähnlichkeit auf.

Eine merkwürdig niedrige Sternschnuppe. P. Götz vom astrophysikal. Observatorium Königstuhl-Heidelberg berichtet hierüber: „Am 12. August 1904 machte ich eine 5½-stündige Aufnahme des Andromedanebels, und zwar gleichzeitig mit den zwei 6-zölligen Voigtländerobjektiven, die dem 6-zölligen Refraktor aufmontiert sind. Während der Aufnahme durchkreuzte eine ziemlich helle Perseïde das Gesichtsfeld und wurde auf beiden Platten festgehalten. Eine Sternschnuppe ist für den photographierenden Astronomen gewöhnlich ein unwillkommenes Objekt, da sie die schönsten Platten verderben kann. Diese Sternschnuppe aber hat großes Interesse, weil sie trotz des geringen Abstandes der zwei photographischen Objektive voneinander eine beträchtliche Parallaxe zeigt. Schon mit bloßem Auge erkennt man auf den beiden Platten eine ganz merkliche Verschiebung. Im Stereokomparator schwebt die von ihr hinterlassene Spur weit vor der Ebene der Fixsterne. Die Spur ist geradlinig, dagegen zeigt sie in der dritten Dimension eine starke Krümmung so, daß die konvexe Seite gegen den Beschauer gekehrt ist. Prof. Wolf fand am Stereokomparator eine mittlere parallaktische Verschiebung von 28.12″. Eine Nachmessung am Repsoldschen Meßapparat bestätigt das Resultat und gibt für verschiedene Punkte der Lichtspur Parallaxen von 28.26″, 37.31″, 27.78″, 25.20″, 17.14″, 10.00″.

Die Basis des Dreieckes Sternschnuppe-Voigtländer I -Voigtländer II wird von dem Abstande der beiden Objektive gebildet, deren Mittelpunkt 68 *cm* voneinander entfernt sind. Daraus folgt für die Abstände der Sternschnuppe entsprechend der

---

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1905. Nr. 2.
[2]) Wiener Akadem. Anzeiger 1905. p. 330.

sechs angegebenen Werte der Parallaxen: 4.98, 3.78, 5.05, 5.57, 8.27, 14.03 *km*.

Die Entfernung des Explosionspunktes kann nicht direkt festgestellt werden, da er außerhalb des Gesichtsfeldes der beiden Objektive liegt. Wohl aber liegt er noch auf der Platte der kleinen, am Pointer befestigten Kamera und befindet sich in der Richtung der abnehmenden Parallaxen, also in größter Entfernung vom Beobachtungsorte. Dieselbe ergibt sich durch Extrapolation mit obigen Werten zu 35.5 *km*. Die Spur verläuft von $\alpha = 0^h\ 33.6^m$ und $\delta = +44°\ 17'$ nach $\alpha = 23^h\ 52.2^m$ und $\delta = +\ 35°\ 28'$, dem Explosionspunkte, der sich in zwei, bis zur zweiten Größenklasse anschwellenden Maxima zu erkennen gibt, die unmittelbar nebeneinander liegen. Das erste ist etwas länger als das zweite."

Die Bahn des Meteors vom 2. November 1903 ist von Hofrat G. v. Nießl in Brünn untersucht worden.[1]) Obwohl die frühe Morgenstunde ($4^h\ 43.5^m$ mittl. Wiener Zeit), hin und wieder auch Nebelwetter der Beobachtung des Meteors nicht günstig war, so machte doch die außerordentliche, wie viele Berichte sagen, schreckenerregende Lichtstärke, welche diese Feuerkugel entfaltete, so großen Eindruck, daß die infolge des Aufrufes der k. k. Wiener Universitätssternwarte und anderer Erkundigungen eingelangten Nachrichten hinreichende Grundlagen zur Bestimmung aller Bahnverhältnisse lieferten.

Die in dieser Richtung vorgenommenen Untersuchungen stellten heraus, daß das erste Aufleuchten wahrgenommen wurde, als sich das Meteor ungefähr 155 *km* über der Gegend von Schönsee in Bayern an der Westseite des Böhmerwaldes befunden hatte. Von hier ging dessen Bahn nahezu gegen ONO quer über Böhmen hin, dabei über die Gegend von Jičin und Alt-Paka, wo deutliche Detonationen vernommen wurden, dann aber noch weiter, bis in einer Höhe von nicht ganz 61 *km* ungefähr über Weigwitz südlich von Breslau völlige Hemmung und Erlöschen stattfand.

Fast über der Hälfte dieser etwa 380 *km* langen und nur 12.4° gegen den Horizont des Endpunktes geneigten Bahn blieben Residuen des Meteors in Form eines, namentlich im mittlern Teile sehr breiten, durch einige Minuten rotglühend nachleuchtenden Streifens zurück.

Aus 14 scheinbaren Bahnen ergaben sich der Ort des scheinbaren Radiationspunktes am Himmelsgewölbe in 48.8° Rektaszension und 5.2° südlicher Deklination.

Für die Bestimmung der Geschwindigkeit lagen 20 Dauerschätzungen vor. Mit besonderer Berücksichtigung derjenigen, welche sich auf nachweisbare Bahnstrecken beziehen, konnte die geozen-

[1]) Wiener Akad. Ber. 1905. p. 86.

trische Geschwindigkeit zu 63.3 *km*, die heliozentrische zu 67 *km*, entsprechend einer sehr ausgeprägten Hyperbel, abgeleitet werden.

Legt man diese Geschwindigkeit zugrunde, so ergibt sich die heliozentrische Richtung des Eintrittes in das Sonnensystem oder der kosmische Ausgangspunkt in 13.7° Länge und 23.6° südlicher Breite.

Ungefähr aus derselben Gegend des Weltraumes ist das am 19. November 1861 9^h 38.4^m mittl. Greenwicher Zeit in England beobachtete große detonierende Meteor gekommen. Da die Bearbeitung der darauf bezüglichen sehr interessanten Beobachtungsmaterialien noch nicht veröffentlicht wurde, findet sie sich in einem Anhange der Originalabhandlung beigefügt. Es geht aus den Ergebnissen hervor, daß die Zusammengehörigkeit der beiden Meteore hinsichtlich ihrer Abstammung, selbst für sehr verschiedene Annahmen über die Geschwindigkeit, große Wahrscheinlichkeit besitzt.

Die Bahn des am 21. März 1904 in Süddeutschland sichtbaren Meteors ist von P. Moschick untersucht worden,[1]) wobei Verfasser eine neue Methode zur Bahnbestimmung in Anwendung brachte. Es lagen Beobachtungen aus 55 Orten vor. Das Ergebnis seiner Arbeiten faßt Verf. wie folgt zusammen:

Das am 21. März 1904 im südlichen und mittlern Deutschland und in der ganzen Schweiz sichtbare Meteor ist über einem Punkte, dessen Länge 4° 57.7′ östl. Green. und dessen nördliche Breite 49° 41.6′ beträgt, in einer Höhe von 62.9 *km* abends 8^h 20^m 30^s M E Z erloschen. Der Ort, über dem dies eintrat, liegt, wenige Kilometer nordwestlich von Sedan, noch auf französischem Boden. Unter der Voraussetzung, daß das beobachtete Bahnstück eine Gerade, wurde das Meteor zum ersten Male gesehen, als es sich 65.3 *km* (91.0 *km*) hoch über dem Orte mit der Länge 10° 18.4′ östlich Green. (10° 3.0′) und der Breite 49° 0.7′ (48° 51.8′) befand.

Als Position des Radiationspunktes findet Verf. $\alpha = 197^0\ 31.0'$ $\delta = -7^0\ 44.9'$ und damit als Zenitdistanz des Radianten für den Endpunkt der Bahn den Betrag von 91° 44.2′. Das würde bedeuten, daß das Meteor unter der Voraussetzung einer geradlinigen Bahn nicht in dem der Erde nächsten Punkte seines Weges in Stücke gegangen ist, sondern daß es vermöge seiner Geschwindigkeit noch eine Zeitlang auch über diesen Punkt hinaus in seiner geradlinigen Bewegung, den Sternschnuppen vergleichbar, beharrte und dann erst, im Begriffe, von der Erde sich wieder zu entfernen, sich auflöste. Ein analoger Fall wurde am 21. Dezember 1876 in Rochester U. S. A. beobachtet; bei diesem stellte sich die Zenitdistanz des Radianten sogar auf 94°—95° [2].) Bei des Verf. vielfachen Versuchen, unter welchen Bedingungen man einen Radianten erhält, dessen Zenitdistanz kleiner als 90°, stellte sich heraus, daß unter Beiseitelassung der Beobachtungen, deren Gewicht kleiner als 1, und bei gleicher Gewichtsverteilung an die übrigen, das Resultat der Radiant $\alpha = 193^0\ 20.9'$, $\delta = -6^0\ 10.0'$ mit einer Zenitdistanz von 87° 52.1′ ist. Da es von Interesse ist, die durch die beiden Radianten bedingten Verschiedenheiten

[1]) Mitt. der Großherzogl. Sternwarte zu Heidelberg V. 1905.

[2]) v. Nießl, Über die Periheldistanzen und andere Bahnelemente usw. Brünn 1891. p. 72; Americ. journ. of science **13**, p. 168 u. 207 und Proceedings of the Americ. Philos. Society in Philadelphia 1877 März 16.

der Bahnen zu kennen, hat Verf. die weitere Rechnung doppelt durchgeführt; um sie auseinanderzuhalten, bezeichnet er sie mit „Hypothese I, Hypothese II," je nachdem die erste oder zweite Position des Radianten benutzt wurde.

Nach Hypothese I ist das Meteor zum ersten Male 7 *km* nördlich von Ellwangen in Württemberg, nach Hypothese II über Abtsgmünd, südwestlich von Ellwangen, wahrgenommen worden. Von hier aus nahm es seinen Weg über Württemberg, Baden, kreuzte den Rhein in der Nähe von Germersheim, flog weiter über die Pfalz, die Rheinprovinz und das südliche Luxemburg und platzte endlich an dem schon angegebenen Orte. Diesen 401.0 *km* (387.0 *km*) langen Weg legte es in 9.4 (9.3) Sekunden zurück; die Bahn war ostwestlich und zeigte nur eine schwache Neigung gegen Nord. Die niedrigste Höhe, die es nach Hypothese I erreichte, beträgt 59.6 *km*, und der Punkt, von dem an es wieder langsam aufwärts stieg, liegt halbwegs zwischen Trippstadt und Landshut in der Pfalz; die geringe Differenz, die zwischen den Höhen an diesem Orte und an dem Endpunkte der Bahn besteht, entzieht sich selbstverständlich der Kontrolle durch die Beobachtungen.

Über das Äußere ist zu bemerken, daß der Hauptkörper auf der dem Endpunkte der Bahn abgewendeten Seite eine Verlängerung zeigte, welche dem Ganzen Ähnlichkeit mit einer „Birne" verlieh. Eine von der Stirnseite des Meteors ausgehende Streckwelle leuchtender Partikelchen erzeugte einen schwalbenschwanzförmigen Schweif, der allerdings von einer Anzahl Beobachter negiert wird.

Als es infolge der Reibung an den höhern Luftschichten ins Glühen geriet, erschien es noch verhältnismäßig schwach und übertraf an Leuchtkraft nur wenig die Sterne 3. bis 4. Größe; sein Glanz steigerte sich indes rapid und erleuchtete am Ende der Bahn die Gegend mit Tageshelle. Die Intensität des Lichtes war ferner periodischen Schwankungen unterworfen, die das Meteor bald heller, bald dunkler erscheinen ließen. Für die Farbe geben die meisten Berichte blendendes Weiß oder Grün des Hauptkörpers, das im Schweife in Rot überging.

Es ist anzunehmen, daß gegen Ende der Erscheinung das Meteor sich in zwei bis fünf größere Stücke teilte, die weniger glänzend und mit verringerter Geschwindigkeit ihren Weg noch eine Zeitlang fortsetzten, um vielleicht nach abermaligen Teilungen zu verlöschen. Diese Tatsache bringt eine erhöhte Unsicherheit des Endpunktes mit sich, da die Positionsangaben der Beobachter wohl zum Teil auf den Punkt des Springens, zum Teil auf den Punkt des Verlöschens sich beziehen mögen. Nimmt man an, daß das Meteor nach der Teilung noch 2^s seine Bahn gezogen, so hätte die Teilung zwischen Luxemburg und Esch in Luxemburg stattgefunden."

Was die kosmische Bahn des Meteors anbelangt, so findet Verf., je nachdem er den Radianten nach Hypothese I oder II annimmt, folgende Bahn:

	Hypothese I (Ellipse) Perihelzeit 1904 März 26.87 m. Berl. Z.	Hypothese II (Hyperbel) 1904 März 23.49 m. Berl. Z.
π	317° 46′	306° 37′
☊	180 48	180 48
i	3 4	3 14
log q	9.14173	9.31989
log a	1.07727	1.41680 n
e	0.9834	1.008
	Beweg. direkt	Beweg. direkt
	Umlaufszeit 41.33 Jahre.	

Hypothese I ergibt also eine äußerst langgestreckte Ellipse, deren Halbachsen 11.95 resp. 1.82 Erdbahnhalbmesser betragen. Ihre große Achse reicht weit über die Uranusbahn hinaus und erstreckt sich bis in die Mitte der zwischen Uranus- und Neptunbahn gelegenen Gegend. Die Exzentrizitäten

weichen für beide Hypothesen nur wenig von 1 ab; die berechnete Ellipse und Hyperbel kommen daher einer Parabel sehr nahe, und man wird wohl nicht fehl gehen, wenn man die Bewegung des Meteors als eine in einer Parabel verlaufene annimmt."

Fixsterne.

Bestimmung von Fixsternparallaxen durch photographische Aufnahmen am Yerkesrefraktor. Die großen Erfolge, welche Prof. Ritchey bei photographischen Aufnahmen astronomischer Objekte am 40-zölligen Yerkesrefraktor erzielte, indem er eine mit Kollodium bestrichene planparallele Glasplatte (Farbenschirm) unmittelbar vor der lichtempfindlichen Schicht der Kramerschen isochromatischen Momentplatten anbrachte und den Plattenträger im Gesichtsfelde des Fernrohres so verschob, daß die Bilder während des Exponierens unverändert auf derselben Stelle verharrten, haben Frank Schlesinger veranlaßt, nach derselben Methode und an dem nämlichen Instrumente Aufnahmen von Fixsternen zu machen, zu dem Zwecke, deren Parallaxen zu ermitteln.[1]) Es stellte sich dabei gleich anfangs heraus, daß zu diesem Zwecke die Anwendung des Farbenschirmes nicht erforderlich ist, indem auch ohne diesen die Bilder der Fixsterne im Brennpunkte der sichtbaren Strahlen des Objektivs scharf genug waren. Dies ist ein nicht geringer Vorteil, denn die Zwischenstellung eines farbigen Schirmes muß immerhin gewisse Fehlerquellen in der Bildzeichnung auf der Platte hervorrufen, die, wenn sie auch sehr klein sind, doch bei Ermittlung von Sternparallaxen merkbar ins Gewicht fallen könnten. Bei Exponierung von fünf Minuten Dauer unter den besten atmosphärischen Verhältnissen sind die schwächsten Sterne, die auf der Platte gemessen werden können, 10.5 Größe mit einem Durchmesser von 0.07 *mm*, welchem am Himmel ein Winkel von 0.75″ entspricht. Die Sterne 9.2 Größe messen 0.20 *mm* entsprechend 2.1″ im Bogenmaße, und diejenigen 8. Größe messen 0.38 *mm* oder 4.0″ im scheinbaren Durchmesser. Für genauere Messungen auf den Platten waren die Sterne 9.2 Größe am geeignetsten. Die eingehende Untersuchung der verschiedenen Platten zeigte, daß der wahrscheinliche zufällige Fehler einer Sternposition etwa ± 0.03″ beträgt, die Genauigkeit dieser photographischen Bestimmungen ist also größer als die der besten unmittelbaren Messungen am Himmel. Aber auch der Einfluß der sogenannten systematischen Fehler, welche bei Aufnahmen weit vom Meridiane und infolge der Dispersion des Lichtes in der Atmosphäre merklich werden, ist durch die Art und Weise der Aufnahmen als unmerklich anzusehen. Die solcherart auf ihre Parallaxen untersuchten Sterne sind folgende:

[1]) Astrophys. Journ. 1904. **20**. Nr. 2. p. 123.

Krueger 60 (AR = 22h 24m D = + 57° 10′). Dieser Stern, bei dem Prof. Barnard eine merkliche Parallaxe vermutete, ist ein Doppelstern 9.1 und 11.0 Größe von 3″ Distanz und rascher Bewegung des Begleiters um den Hauptstern. Außerdem hat dieses ganze Doppelsternsystem eine Eigenbewegung am Himmel von fast 1″ pro Jahr, was auf größere Nähe deutet. In der Tat ergab sich aus den Messungen auf der Platte eine Parallaxe von nahezu 0.28″.

Fedorenko 1457 (AR = 9h 7m D = + 53° 7′). Dies ist eine Doppelstern, dessen Komponenten 8. Größe sind. Die Messungen auf vier Platten lieferten als Wert der Parallaxe im Mittel 0.223″. Früher hat Dr. Peter am Leipziger Heliometer durch direkte Messungen diese Parallaxe zu 0.18″ bestimmt.

Struve 2398 (AR = 18h 41m D = + 59° 29′). Ein Doppelstern 8.5 und 9.3 Größe von 17″ Distanz, mit starker Eigenbewegung am Himmel (2.3″ pro Jahr). Die Messungen der Platten ergaben im Mittel als Parallaxe des Systems 0.29″, in guter Übereinstimmung mit den Werten von 0.32″. und 0.35″, welche Flint und Lamp durch direkte Messungen erhalten haben.

Untersuchungen über Sternparallaxen auf Grund von photographischen Aufnahmen auf der Sternwarte Cambridge (England) sind von Arthur R. Hinks und Henry Norris Russell begonnen worden.[1]) Dieselben geben einen allgemeinen Bericht über dieses Unternehmen, für welches die photographischen Aufnahmen 1903 begonnen wurden. Bei der Aufnahme sind sie von dem Vorschlage des Prof. Kapteyn, sämtliche Aufnahmen während der sukzessiven Epochen auf eine und dieselbe Platte zu kumulieren, abgewichen, vielmehr wurde jede Platte für jede Epoche separat exponiert und sogleich entwickelt. Es wurde beabsichtigt, zwei oder drei Platten für jede Epoche zu exponieren, doch kam es gelegentlich vor, daß nur eine einzige Platte erhalten werden konnte. Alle Sterne, heller als 6. Größe, wurden mit Vorsetzung eines farbigen Schirmes photographiert. Alle Aufnahmen geschahen nahe beim Meridiane und die größte Sorgfalt wurde darauf verwendet, systematische Fehler sowohl bei den Aufnahmen als bei den Messungen zu vermeiden. Die berechneten Parallaxen sind für jeden Stern die Differenz zwischen seiner wirklichen Parallaxe und dem Mittel der Parallaxen der Vergleichssterne. Dieses letztere ist bei den gewählten Vergleichssternen keinesfalls größer als 0.01″ anzunehmen. Von großer Bedeutung ist die Auswahl geeigneter Sterne zur Messung der Parallaxen. Die genannten Astronomen haben folgendes Verzeichnis von Sternen zusammengestellt, bei denen die Bestimmung der Größe ihrer Parallaxen einigermaßen wahrscheinlich ist.

---

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. Nr. 8. p. 775.

Name	Position 1900.0 α h	α m	δ °	δ ′	Größe	Sp. Typus D.C.	Eigenbewegung im größten Kreise ″
β Cassiopeiae	0	3.8	+ 58	36	2.42	F.	0.55
Groombridge 34	0	12.6	+ 43	27	7.9		2.80
η Cassiopeiae	0	42.9	+ 57	18	3.64	F.	1.20
Mayer 20	0	43.1	+ 4	46	5.7	H.?	1.37
μ Cassiopeiae	1	1.6	+ 54	26	5.21	H.	3.75
θ Cassiopeiae	1	5.0	+ 54	37	5	A.	0.22
ο Ceti	2	14.3	— 3	26	Var.	M.	0.24
ρ Persei	2	58.8	+ 38	27	Var.	M.	0.18
β Persei	3	1.7	+ 40	34	Var.	A.	0.03
Lalande 6888, 9	3	40.2	+ 41	9	9; 9.5		1.38
λ Tauri	3	55.1	+ 12	12	Var.	B.	0.02
Lalande 7443	3	56.5	+ 35	2	8.5		2.19
„ 9012	4	44.4	+ 45	41	7.5	A.	0.68
η Geminorum	6	8.8	+ 22	32	Var.	M.	0.07
ζ Geminorum	6	58.2	+ 20	43	Var.	H.?	0.02
α Geminorum	7	28.2	+ 32	6	1.56	A.	0.21
ε Hydrae	8	41.5	+ 6	47	3.5	F.	0.21
ι Ursae Maj.	8	52.4	+ 48	56	3.17	A.	0.50
10 Ursae Maj.	8	54.2	+ 42	11	4.19	F.	0.51
Groombridge 1646	10	21.9	+ 49	19	6.5	A.?	0.84
Lalande 21185	10	51.9	+ 36	38	6.8		4.77
„ 21258	11	0.5	+ 44	2	8.5		4.40
ξ Ursae Maj.	11	12.9	+ 32	6	4; 5	G.	0.74
A. Oe. 11677	11	14.8	+ 66	23	9.0		3.04
83_1 Leonis	11	21.7	+ 3	33	6.5	I.	0.75
83_2 Leonis					7		0.68
β Leonis	11	44.0	+ 15	8	2.07	A.	0.54
Groombridge 1830	11	47.2	+ 38	26	6.5	A.?	7.05
Lalande 22901	12	7.8	+ 10	36	7.5		0.44
„ 22908	12	8.2	+ 11	24	7.5		0.59
„ 22914	12	8.4	+ 10	36	7		0.30
γ Virginis	12	36.6	— 0	54	3.0; 3.2	F.	0.58
δ Virginis	12	50.6	+ 3	56	3	M.	0.51
Lalande 25334	13	34.7	+ 11	15	5.6	A.	
A. G. Berlin A. 4999	13	40.2	+ 18	20	9.2		2.0
Lalande 25372	13	40.7	+ 15	20	8.5		2.32
ξ Bootis	14	46.8	+ 19	31	4.5; 6.5	G.	0.16
A. Oe. 14318	15	4.7	— 15	59	9.3		3.74
„ 14320	15	4.7	— 15	54	9.2		3.74
Lalande 27742 }	15	8.3	+ 19	39	7.5		0.67
„ 27743 }	$\Delta\alpha + 0.31^s$		$\Delta\delta + 23.3''$		8.0		0.62
OΣ 298	15	32.4	+ 40	9	7; 7.4		0.50
$Weiße_2$ 720	15	32.5	+ 40	8	7		0.50
Lalande 29381	16	1.5	+ 39	26	7		0.56
„ 29439	16	2.9	+ 38	55	8.5		0.60
ζ Herculis	16	37.6	+ 31	47	3	G.	0.61
η Herculis	16	39.5	+ 39	7	3.69	K.?	0.08
W. B. XVII. 322	17	20.8	+ 2	14	8.0		1.36
μ_1 Herculis	17	42.6	+ 27	47	4.0	I.?	0.81
Σ 2398	18	41.7	+ 59	29	8.2		2.27
München I. 18180	18	53.1	+ 5	48	9		1.26
6 Cygni	19	9.5	+ 49	40	6.6	H.	0.64
B.D. + 30° 3639	19	30.9	+ 30	18	9		
Lalande 37647	19	41.8	+ 33	22	8.5		0.47

Name	Position 1900.0 α		δ		Größe	Sp.Typus D.C.	Eigenbewegung im größtenKreise
	h	m	°	′			″
Lalande 37686	19	42.6	+ 33	34	5.5		0.47
61 Cygni	21	2.4	+ 38	15	5.11	H.	5.16
δ Equulei	21	9.6	+ 9	37	4.5	F.	0.30
τ Cygni	21	10.8	+ 37	36	4; 10	F.	0.48
Lalande 43492	22	12.3	+ 12	24	7	A.?	0.83
Kr. 60	22	24.5	+ 57	12	9; 11		0.95
δ Cephei	22	25.5	+ 57	54	Var.	F.?	0.01
β Pegasi	22	58.9	+ 27	32	Var.	M.?	0.22
Lalande 45755	23	16.8	+ 48	33	7.5	A.	0.68
λ Andromedae	23	32.7	+ 45	55	4	K.	0.45
Lalande 46650	23	44.0	+ 1	52	8.7		1.4

Die Parallaxen der Sterne Lalande 21185 und γ Virginis nach photographischen Aufnahmen am Cambridger Observatorium sind von Georg Norris Russell bestimmt worden.[1]) Es sind die ersten Ergebnisse der großen Untersuchung, die auf Kosten der Carnegie-Institution von Arthur Hinks und Norris Russell zur Bestimmung von Sternparallaxen aus photographischen Aufnahmen des genannten Observatoriums, unternommen werden (vergl. den vorhergehenden Art.). Lalande 21185 (RA 10^h 57.9^m D + 36° 37′ für 1900.0) Größe 7.3, hat eine Eigenbewegung im größten Kreise von 4.77″. Frühere Untersuchungen haben bereits wahrscheinlich gemacht, daß dieser Stern einer der nächsten für uns ist, doch weichen die Ergebnisse so voneinander ab, daß eine neue Bestimmung der Parallaxe wünschenswert war. Dieselbe gründet sich auf acht Platten, und bei den Ausmessungen wurden neun Sterne 6.8 bis 9.1 Größe mit dem Sterne Lalande 21185 verglichen. Das Endergebnis lautet für dessen Parallaxe $\pi = 0.344'' \pm 0.013''$. Die Parallaxe ergibt sich also nicht unwesentlich kleiner als Winnecke (1857—1858) und Kapteyn (1885—1887) gefunden. Aus obiger Parallaxe und der scheinbaren Helligkeit ergibt sich, daß der Stern nur $^1/_{60}$ der absoluten Leuchtkraft unserer Sonne besitzt.

γ Virginis (RA 12^h 36.3^m D — 0° 55′ für 1900.0) Doppelstern, beide Komponenten zusammen 2.9 Größe, Eigenbewegung 0.57″. Es wurden im ganzen acht Aufnahmen zu drei Epochen gemacht und sechs Vergleichssterne benutzt. Die Untersuchung wurde für jede der beiden Komponenten separat ausgeführt und ergab gut übereinstimmende Werte, als wahrscheinlicher Mittelwert wird zuletzt angenommen $\pi = 0.074'' \pm 0.022''$. Von frühern Versuchen, die Parallaxe dieses Sternes zu bestimmen, ist nur ein solcher von Belopolsky bekannt, begründet auf spektroskopische Beobachtungen. Er fand[2]) die relative Geschwindigkeit der beiden Komponenten zu 0.278 ± 0.1 geogr. Meilen in der Sekunde. Hieraus folgt, unter

[1]) Monthly Notices 1905. **65**. Nr. 8. p. 787.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3510.

Annahme von Dobercks Bahnelementen dieses Doppelsternes, dessen Parallaxe zu 0,051″. Die Übereinstimmung dieses mit dem oben ermittelten Werte ist in Anbetracht der Kleinheit der Parallaxe sehr gut.

Die obige Parallaxe ergibt zusammen mit der scheinbaren Helligkeit der beiden Komponenten von γ Virginis, daß jede derselben neunmal so viel Licht aussendet als die Sonne. Die Geschwindigkeit des Systems im Raume beträgt etwa 40 *km* in der Sekunde. Unter Annahme von Dr. Sees Elementensystem dieses Doppelsternes ergibt sich, daß die große Achse der Bahn 50, die Distanz im Periastrum 5, im Apastrum 95 Erdbahnhalbmesser beträgt. Die Masse des Systems ist = 3.3 Sonnenmassen, und da beide Sterne nach Auwers und Lewis nahe gleiche Masse besitzen, so übertrifft jeder derselben die Sonne an Masse 1.6 mal, dagegen an Licht neunfach. Diese Sterne müssen daher entweder weniger dicht sein als die Sonne oder eine größere Oberflächenhelligkeit als diese besitzen, was mit der Tatsache übereinstimmt, daß ihr Spektrum zum 1. Typus gehört.

Über die relative Helligkeit von Fixsternen im Vergleiche zur Sonne hat J. E. Gore einige Rechnungen ausgeführt.[1]) Die Unterlagen dieser Rechnungen beruhen auf den gemessenen Parallaxen dieser Sterne, auf ihren photometrisch bestimmten Helligkeiten und auf einer Annahme über die Helligkeit der Sonne in Sterngrößen. Von diesen Voraussetzungen ist nur diejenige über die photometrische Größe der Sterne ziemlich sicher, die beiden andern sind unsicher. Die von Gore gegebene Tabelle ist indessen immerhin belehrend. Sie folgt nachstehend. In den Kolumnen bezeichnet 1 den Namen des Sternes, 2 dessen Rektaszension, 3 die Deklination (beide für 1900.0), 4 die photographische Helligkeit, 5 die als sicher angenommene Parallaxe, 6 die Helligkeit der Sonne in der Entfernung des betreffenden Sternes, 7 die Helligkeit des Sternes im Verhältnisse zur Helligkeit der Sonne.

1	2	3	4	5	6	7	Bemerkungen
	h m	° ′		″			
β Cassiopeiae . . .	0 3.8	+58 36	2.42	0.10*	5.07	11.49	
Groombridge 34 . .	0 12.7	+43 27	(7.9)	0.30	2.68	0.008	Eigenbewegung = 2.80″
ζ Tucanae	0 14.9	—65 28	4.34	0.15*	4.19	0.87	
β Hydri	0 20.5	—77 49	2.90	0.134*	4.43	4.09	Eigenbewegung = 2.28″
η Cassiopeiae . . .	0 43.1	+57 17	3.64	0.154*	4.13	1.57	Masse = 1.6222 × Sonnenmasse
μ Cassiopeiae	1 1.2	+54 27	5.34	0.11	4.84	0.63	Eigenbewegung = 3 75″

[1]) Monthly Notices 1905. 65. Nr. 3. p. 264.

1	2		3		4	5	6	7	Bemerkungen
	h	m	°	′		″			
Polaris	1	18.5	+88	43	2.12	0.074	5.72	27.55	
α Eridani	1	34.0	—57	44	0.60	0.043	6.90	331.18	
τ Ceti	1	39.4	—16	28	3.65	0.31*	2.61	0.38	
e Eridani	3	15.9	—43	27	4.30	0.16	4.05	0.79	
o_2 Eridani	4	10.7	— 7	49	4.48	0.166*	3.97	0.62	Eigenbewegung = 4.05″
Aldebaran	4	30.2	+16	18	1.06	0.107*	4.92	35.00	
Cordoba, Z. V. 243	5	7.7	—44	59	(8.5)	0.312*	2.60	0.004	Eigenbewegung = 8.70″
Capella	5	9.3	+45	54	0.21	0.081*	5.48	128.23	Masse = 12.7 × Sonnenmasse
Sirius	6	40.8	—16	35	—1.58	0.37*	2.23	33.42	Masse = 3.5465 × Sonnenmasse
Procyon	7	34.1	+ 5	29	0.48	0.325*	2.51	6.49	Masse = 3.627 × Sonnenmasse
Ll 2957	7	41.9	—33	59	5.42	0.064	6.04	1.75	
10 Ursae Maj. . . .	8	54.2	+42	11	4.09	0.20	3.56	0.61	
Ll 18115	9	7.7	+53	7	(7.5)	0.14	4.34	0.054	
α Leonis	10	3	+12	27	1.34	0.022	8.36	642.7	
A. Oe. 10603 . . .	10	5.3	+49	58	6.76	0.18	3.79	0.064	
Groombridge 1646 .	10	21.9	+49	21	6.54	0.11	4.86	0.21	
Ll 21185	10	57.9	+36	38	7.60	0.47	1.71	0.004	Eigenbewegung = 4.75″
Ll 21258	11	0.5	+44	2	(8.5)	0.24	3.17	0.007	Eigenbewegung = 4.40″
Groombridge 1830 .	11	47.2	+38	26	6.47	0.15*	4.19	0.122	Eigenbewegung = 7.05″
Ll 22954	12	10.0	— 9	43	6.05	0.14	4.34	0.207	
α Crucis	12	21	—62	32	1.05	0.05	6.57	165.96	
β Centauri	13	56.8	—59	53	0.86	0.046	6.75	226.99	
Arcturus	14	11.1	+19	42	0.24	0.024	8.17	1486	
αCentauri	14	32.8	—60	25	0.06	0.75*	0.69	1.786	Masse = 2.00 × Sonnenmasse
Antares.	16	23.3	—26	13	1.22	0.021	8.46	787.04	
ν^1 Draconis	17	30.2	+55	15	4.2	0.32	2.54	0.216	
A. Oe. 17415 . . .	17	37.0	+68	26	(9.0)	0.25	3.08	0.004	
70 Ophiuchi	18	0.4	+ 2	31	4.07	0.16*	4.05	0.98	Masse = 2.939 × Sonnenmasse
α Lyrae	18	33.6	+38	41	0.14	0.082	5.50	139.32	
α Aquilae	19	45.9	+ 8	36	0.89	0.231*	3.25	87.91	
61 Cygni	21	2.1	+38	13	4.96	0.39*	2.11	0.07	Eigenbewegung = 5.16″
δ Equulei	21	9.6	+ 9	36	4.61	0.071*	5.81	3.02	Masse = 1.89 × Sonnenparallaxe
ε Indi	21	55.7	—57	12	4.74	0.28*	2.83	0.17	
α Gruis.	22	1.9	—47	27	2.16	0.015	9.19	648.63	
Fomalhaut	22	52.1	—30	9	1.30	0.130	4.50	18.88	
Lacaille 9352 . . .	22	59.4	—36	26	7.1	0.29	2.78	0.018	Eigenbewegung = 7.0″

Die Spektra der Sterne des IV. Secchischen Spektraltypus. In diese Spektralklasse gehören nur rote Sterne von geringer Helligkeit, denn der hellste darunter ist 5.3 Größe. Ihre spektroskopische Untersuchung ist demgemäß schwierig, denn sie erfordert ein sehr lichtstarkes Instrument. Der Yerkesrefraktor erschien daher hierzu besonders geeignet, und er wurde in der Tat von G. E. Hale, F. Ellermann und J. A. Parkhurst zu diesem Zwecke benutzt. Der Bericht hierüber liegt jetzt vor.[1])

Angewendet wurde meist ein Spektrograph mit drei Prismen aus schwerem Flintglasse, und als Vergleichsspektrum dienten die Funkenspektra des Eisens und Titans. Die Beobachtungen erstreckten sich auf die acht Sterne: 19 Piscium, 318 Birmingham und 74, 78, 115, 132, 152, 280 des Katalogs der roten Sterne von Schjellerup. Die Schlüsse, zu welchen die Beobachter durch ihre Untersuchung dieser Sternspektra kommen, sind kurz folgende:

1. Die Spektra dieses Sterntypus enthalten eine große Anzahl teils heller, teils dunkler Linien, sowie dunkle Banden im Violett.

2. Die radialen Geschwindigkeiten der untersuchten acht Sterne variieren zwischen + 5 und — 28 *km* in der Sekunde.

3. Die Messungen der Wellenlängen von 308 dunklen Spektrallinien ergaben die Anwesenheit von Kohlenstoff, Wasserstoff, Vanadium, Calcium, Magnesium, Natrium, Eisen, Chrom, Titan, Nickel, Mangan und vielleicht noch von ein paar andern Elementen in den glühenden Atmosphären dieser Sterne.

4. Kohlenstoff und die metallischen Dämpfe befinden sich dort in sehr dichtem Zustande, wahrscheinlich unmittelbar über der Photosphäre.

5. Über den dichten Dämpfen der umkehrenden Schicht dieser Photosphären befinden sich andere Gase oder Dämpfe, welche im Spektrum durch helle Linien repräsentiert werden, so daß die Verhältnisse ähnlich wie auf unserer Sonne sind.

6. Die hellen Linien, etwa 200 an der Zahl, scheinen unbekannten Gasen anzugehören, wenigstens konnte keine davon mit Sicherheit identifiziert werden. Einige derselben korrespondieren vielleicht mit solchen im Spektrum der Wolf-Rayetschen Sterne.

7. Die große Intensität der Linien wie z. B. der Kalziumlinie λ 4227, und der Umstand, daß die Linien des elektrischen Bogen- und Flammenspektrums stark erscheinen, während die des elektrischen Funkens schwächer sind, läßt vermuten, daß die Temperatur der umkehrenden Schicht auf diesen Sternen niedriger sein mag als auf der Sonne.

8. Die Tatsache, daß viele in den Sonnenflecken verstärkt auftretende Linien in den Spektren der in Rede stehenden Sterne sehr stark sind, führt zu dem Glauben, daß auf diesen Sternen

[1]) Publ. of the Yerkes Observatory **2.** Chicago 1904.

des Typus IV, Flecken ähnlich den Sonnenflecken sehr zahlreich sein mögen.

9. Im Spektrum des Sternes 19 Piscium zeigen sich die Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ dunkel, während $H\beta$ fehlt. Im Spektrum von 280 Schjellerup und in einigen andern ist dagegen die Linie $H\beta$ hell. Hierdurch ähnelt das Spektrum der Sterne des IV. Typus demjenigen der Wolf-Rayetsterne, in welchem die brechbarsten Wasserstofflinien dunkel, die weniger brechbaren dagegen hell sind oder fehlen.

10. Die helle Linie $H\beta$ im Spektrum des Sternes 280 Schjellerup zeigt Veränderungen ihrer Helligkeit.

11. Ungefähr 20% aller Sterne des Typus IV sind veränderlich, und zwar scheint die Tendenz zur Veränderlichkeit hier viel größer zu sein als bei den Sternen des III. Secchischen Typus.

12. In der Milchstraße und in deren Umgebung finden sich die Sterne des IV. Typus am häufigsten.

13. Die Sterne des III. und IV. Typus sind einander ähnlich in bezug auf Färbung, Tendenz zur Veränderlichkeit, Spektrum, wahrscheinliches Vorhandensein von Flecken an ihrer Oberfläche, physische Beschaffenheit und wahrscheinlich auch im Verhältnisse zu den Sternen des Typus unserer Sonne. Unter dem Gesichtspunkte der Klassifizierung können sie als Abzweigungen vom Sonnentypus betrachtet werden.

14. Die Veränderungen der relativen Intensitäten gewisser Spektrallinien des Titans zeigen, daß die Sterne des IV. Typus in bezug auf ihre Entwicklung sich wahrscheinlich von den Wolf-Rayetschen Sternen unterscheiden.

15. Die Sterne dieses IV. Typus stammen wahrscheinlich von solchen ähnlich unserer Sonne, deren Temperatur indessen infolge ihrer Wärmeausstrahlung bereits gesunken ist.

Die Verteilung der Sternspektra. Auf der Harvardsternwarte wurde eine wichtige Arbeit über die Verteilung der Sterne der verschiedenen Spektralklassen mit Bezug auf die Milchstraße ausgeführt.[1]) Als Spektralklassen wurden diejenigen festgehalten, welche schon früher von der Harvardsternwarte adoptiert worden sind. Hiernach werden die Sterne des 1., 2. und 3. Spektraltypus in drei Klassen unterschieden, welche durch die Buchstaben A, G und M bezeichnet sind, Sterne des 1. Typus, in welchen die Linien des Heliums erscheinen (die Sterne des Oriontypus), fallen in die Klasse B, Sterne, deren Spektra zwischen dem 1. und 2. Typus rangieren, sind in Klasse F, und Sterne zwischen dem 2. und 3. Typus in Klasse K untergebracht. Es ergab sich zunächst die völlige Bestätigung des schon früher aus einer Untersuchung

---

[1]) Annal. of Harvard Coll. Observatory **56**. Nr. I.

der Sterne des Draper Kataloges[1]) gefundenen Ergebnisses, daß die Milchstraße hauptsächlich aus Sternen des 1. Spektraltypus besteht. Die hierhin gehörigen Sterne kommen überall am Himmelsgewölbe vor, aber sie überwiegen längs einer Ebene, die durch den Lauf der Milchstraße bezeichnet wird. Die übrigen Sterne des 2. und 3. Spektraltypus sind im allgemeinen gleichmäßig über den Himmel verteilt und zeigen keinerlei Anhäufung gegen die Milchstraße hin. „Diese beiden Abteilungen von Fixsternen", sagt Prof. Pickering, „müssen also bei allen Diskussionen über den Bau des Universums getrennt voneinander behandelt werden, ebenso bei Untersuchungen über die Bewegung der Sonne im Raume, über Parallaxen usw. Das Verhältnis der Sterne des 1. Spektraltypus zur Gesamtzahl aller Sterne wächst, wenn man die schwächern Sterne mit einschließt, während bei den Sternen des Oriontypus das Entgegengesetzte stattzufinden scheint."

In einer zweiten Abhandlung [2]) werden die Sterne der Spektralklasse B, die sogen. Sterne des Oriontypus, sämtlich aufgeführt und ihre Verteilung am Himmel mit Bezug auf die Milchstraße untersucht. Das nachstehende Verzeichnis der sämtlichen bis jetzt bekannten Sterne dieses Typus, enthält zunächst die Rektaszension und Deklination derselben, dann die photographische Helligkeit in Sterngrößen, hierauf ihren speziellen Spektraltypus. Bezüglich des letztern ist folgendes zu bemerken: Die Spektra der Klasse B sind, je nachdem sie einen intermediären Charakter zwischen der Klasse B und der Klasse A zeigen, in zehn Grade unterschieden, so daß z. B. die Ziffer 5 anzeigt, daß das Spektrum gerade in der Mitte zwischen den beiden Klassen einzurangieren ist, 0 bezeichnet ein Spektrum, das genau der Klasse B entspricht, der Buchstabe R dagegen ein besonderes Aussehen des Spektrums.

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
0 8.1	+14 38	2.87	2	1 37.4	+50 11	4.19	R
0 26.2	+53 59	4.88	5	1 39.9	—76 10	8.0	0
0 27.0	—63 31	4.52	9	1 45.4	+54 39	5.49	0
0 27.3	+62 23	4.24	0	1 47.2	+63 11	3.44	3
0 30.5	+53 38	5.14	5	1 48.8	+61 53	7.8	0
0 31.4	+53 21	3.72	2	1 50.2	—43 0	5.00	9
0 38.8	+47 19	5.55	2	2 12.9	—51 59	3.78	8
0 39.2	+47 44	4.70	2	2 23.3	—48 9	4.44	5
0 44.3	+40 32	4.42	0	2 29.5	—28 40	4.95	9
0 50.8	+59 50	5.54	8	2 34.4	— 0 6	4.04	2
0 53.8	—29 54	4.39	5	2 38.1	—68 42	4.26	9
1 4.2	—55 47	4.13	8	2 44.1	+26 51	3.68	8
1 16.4	+43 4	6.62	0	2 46.0	+14 39	5.46	0
1 26.4	+34 18	6.28	0	2 53.7	+51 57	5.15	5
1 34.0	—57 45	0.60	5	2 53.8	+37 45	5.92	0

[1]) Annales **26**. p. 152.
[2]) Annal. of Harvard Coll. Observatory **56**. Nr. II.

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
2 57.1	+ 3 58	5.63	5	4 39.3	— 8 41	5.87	0
3 1.7	+40 34	R	8	4 39.6	+ 0 23	7.28	0
3 5.5	+42 1	6.00	0	4 40.5	— 3 26	4.18	0
3 11.1	+43 40	5.38	0	4 45.9	+ 5 26	3.78	3
3 11.2	+65 17	4.76	R	4 47.8	+51 41	8.0	0
3 11.5	+49 51	5.30	3	4 49.0	+ 2 17	3.87	3
3 12.0	+49 43	5.08	3	4 49.7	+ 0 19	5.86	0
3 16.1	+48 51	5.30	5	4 56.6	— 7 20	4.81	0
3 18.8	+28 18	6.99	0	4 56.8	+ 1 28	6.21	5
3 20.9	+48 43	4.94	3	4 59.5	+41 6	3.28	3
3 21.0	+59 36	4.42	9	5 6.3	+46 52	7.6	0
3 21.7	+49 31	5.64	5	5 9.7	+34 12	5.81	0
3 21.7	+ 9 23	3.75	8	5 12.3	—17 15	6.48	0
3 21.8	+43 25	7.25	0	5 12.8	— 6 57	3.68	5
3 21.9	+58 32	4.76	9	5 14.8	+41 43	5.12	0
3 22.2	+49 10	4.67	3	5 15.0	—13 16	4.29	0
3 22.5	+46 37	6.20	0	5 16.1	+ 3 54	6.41	0
3 23.5	+47 46	6.04	8	5 16.4	— 0 31	5.65	0
3 25.8	+44 32	6.33	0	5 16.7	— 0 29	4.65	0
3 26.3	+35 6	5.80	0	5 17.6	+ 3 27	4.99	0
3 29.4	—21 58	4.32	8	5 17.7	—34 26	6.12	5
3 35.8	+47 28	3.10	5	5 18.6	— 0 15	5.64	0
3 36.0	+33 38	5.04	0	5 18.9	—14 1	5.17	0
3 38.0	+31 58	3.94	1	5 19.4	+ 2 16	6.32	0
3 38.3	—32 15	4.93	5	5 19.4	— 2 29	3.44	1
3 38.9	+23 59	5.43	5	5 19.6	+ 1 45	4.73	0
3 39.0	+23 48	3.81	5	5 19.8	+ 6 16	1.70	2
3 39.2	+24 32	5.63	8	5 20.0	+28 31	1.78	8
3 39.3	+24 10	4.37	5	5 20.3	+16 36	6.18	0
3 39.9	+24 94	4.02	5	5 20.7	+ 0 25	6.02	0
3 40.0	+24 15	5.85	8	5 21.3	+17 53	5.31	0
3 40.1	+24 13	6.46	8	5 21.6	+21 51	4.83	0
3 40.4	+32 0	6.51	0	5 21.6	+ 3 0	4.66	0
3 40.4	+23 39	4.25	5	5 21.9	+ 3 45	6.61	0
3 41.5	+33 18	6.36	0	5 22.0	— 2 26	6.56	0
3 41.5	+23 48	2.96	5	5 22.8	+ 1 14	6.37	0
3 42.5	+23 8	5.51	8	5 23.6	+ 1 34	7.9	0
3 43.8	+23 25	6.11	8	5 24.6	— 7 22	6.55	0
3 44.0	—36 24	6.25	8	5 24.7	+ 1 41	5.67	0
3 44.9	—37 55	4.35	8	5 25.4	+ 5 52	4.32	0
3 46.9	—36 43	6.79	9	5 25.5	— 7 32	6.24	0
3 47.9	+31 35	2.91	1	5 26.2	+32 7	4.88	1
3 49.5	—24 55	4.76	5	5 26.5	— 6 47	6.03	0
3 50.0	+34 47	5.48	3	5 26.9	— 0 22	2.46	0
3 51.1	+39 43	2.96	0	5 27.1	— 7 23	4.64	0
3 52.5	+35 30	4.05	5	5 27.7	+18 28	5.50	0
3 55.1	+12 12	R	3	5 27.7	— 1 40	5.30	0
3 58.5	+ 5 10	5.33	3	5 28.2	+14 15	5.58	3
4 14.1	—34 3	3.59	9	5 28.5	— 1 13	5.37	0
4 18.0	+24 5	6.16	0	5 28.7	+ 1 21	6.42	0
4 27.8	—45 10	5.16	3	5 29.0	— 1 6	6.18	0
4 30.1	—84 43	7.24	0	5 29.3	+23 58	5.28	0
4 31.3	— 3 33	4.12	2	5 29.3	+ 9 25	4.53	0
4 32.1	+ 0 48	5.32	0	5 29.3	— 2 57	7.8	0
4 36.2	+22 46	4.33	0	5 29.4	+ 5 36	6.71	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′		
5 29.6	+ 9 52	3.49	5
5 29.6	+ 9 52		
5 29.6	— 4 33	8.0	0
5 29.7	— 4 28	8.0	0
5 30.1	— 4 48	8.0	0
5 30.1	— 6 5	4.67	1
5 30.1	— 6 5	5.58	1
5 30.2	— 5 16	8.3	R
5 30.4	— 4 29	6.28	0
5 30.4	— 4 34	6.54	0
5 30.4	— 4 54	4.65	3
5 30.4	— 5 27	4.76	5
5 30.5	— 4 26	6.29	5
5 30.5	— 5 29	5.17	1
5 30.5	— 5 59	2.87	5
5 30.6	— 3 19	6.33	0
5 30.9	—15 48	6.67	0
5 31.1	— 1 16	1.75	0
5 31.1	— 4 29	7.12	0
5 31.3	— 5 43	6.45	3
5 31.8	— 6 8	5.62	3
5 31.9	+ 8 53	6.09	3
5 32.5	— 6 0	5.75	1
5 32.9	— 4 52	6.32	1
5 33.2	— 1 13	6.74	0
5 33.7	— 2 39	3.78	0
5 33.8	— 6 38	5.92	0
5 33.9	+ 4 4	4.54	0
5 34.5	— 3 37	5.97	0
5 35.1	+43 0	6.99	0
5 35.5	+16 29	4.87	0
5 35.7	— 2 0	1.91	0
5 35.7	— 2 0		
5 35.7	— 2 53	6.07	0
5 35.8	— 1 11	5.00	3
5 37.1	+ 2 21	6.61	0
5 37.2	+23 10	6.06	0
5 42.4	+20 50	5.94	0
5 43.0	— 9 42	2.20	0
5 46.6	— 7 33	5.32	0
5 49.1	+19 44	5.89	2
5 49.5	—33 50	4.89	5
5 49.6	— 4 5	6.35	0
5 50.0	—66 56	5.15	5
5 52.2	—49 39	6.16	0
5 54.0	—35 18	4.36	3
5 57.1	—10 36	4.97	0
5 57.6	+19 41	5.17	8
5 58.0	+20 8	4.71	2
5 59.4	— 6 42	5.12	R
6 0.6	—32 10	5.64	0
6 1.6	— 4 11	5.37	0
6 1.9	+14 47	4.40	2
6 2.2	—11 10	6.38	0
6 3.5	—34 18	5.93	5
6 6.2	+16 9	4.92	0
6 6.3	+14 14	4.35	2
6 7.0	— 6 31	5.09	2
6 7.6	+18 43	6.21	0
6 8.4	—54 56	4.84	1
6 9.3	—68 49	5.21	9
6 9.4	+13 53	5.81	0
6 9.6	— 4 32	5.76	0
6 10.5	+ 4 19	6.44	0
6 10.8	+23 46	6.26	5
6 11.7	—16 35	5.88	0
6 12.2	+29 49	6.86	0
6 13.9	—19 56	5.31	0
6 14.9	— 7 47	5.13	0
6 16.1	—34 22	5.83	8
6 16.5	—30 1	3.10	3
6 17.0	—34 6	5.60	2
6 18.3	—17 54	1.99	1
6 23.0	— 4 42	4.98	0
6 24.0	— 6 58	3.94	0
6 24.0	— 6 58		
6 24.4	—63 46	6.36	8
6 24.5	—32 31	4.48	5
6 24.9	—32 18	5.80	3
6 26.8	—27 42	5.81	0
6 27.6	—23 21	4.35	1
6 28.6	— 1 9	5.02	0
6 28.9	—31 57	5.70	3
6 30.1	+ 0 58	5.69	0
6 30.2	—61 48	6.34	5
6 31.9	+39 59	5.28	0
6 32.5	—22 32	6.23	8
6 34.7	—43 6	3.18	8
6 35.5	+ 9 59	4.59	5
6 38.1	—47 34	6.47	0
6 38.3	+ 4 2	5.78	0
6 40.7	—30 58	5.16	0
6 41.1	+ 8 41	5.84	0
6 41.8	—30 51	5.91	0
6 43.9	+ 1 6	6.06	0
6 46.1	—32 24	3.78	0
6 46.6	—31 36	5.63	0
6 49.2	—20 6	4.66	1
6 51.6	—22 49	5.26	3
6 52.1	—31 40	6.42	0
6 52.6	—70 50	5.52	8
6 53.0	—22 4	6.37	0
6 53.1	+54 59	6.82	0
6 53.7	—27 24	6.09	0
6 54.1	—27 2	6.19	3
6 54.5	—25 17	5.66	0
6 54.7	—28 50	1.63	1
6 54.7	—33 59	5.07	5
6 54.9	—30 52	6.38	0
6 55.4	—21 28	6.25	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′		
6 56.1	—21 59	6.33	8
6 57.0	—25 4	5.80	0
6 57.5	—27 5	6.66	0
6 58.8	—23 41	3.12	0
6 59.2	—15 29	4.07	5
6 59.6	—24 56	6.82	0
7 1.1	—52 16	6.62	0
7 2.2	—30 30	6.38	8
7 2.9	—26 30	6.38	5
7 4.6	—23 53	6.47	3
7 5.5	—39 29	4.85	3
7 5.6	—25 4	5.76	0
7 8.1	—25 46	5.86	3
7 8.1	—27 10	6.68	0
7 9.6	—22 44	6.24	3
7 9.6	—27 11	5.86	3
7 10.0	—30 54	6.53	0
7 10.1	—30 10	6.31	5
7 10.2	—26 10	4.66	0
7 10.7	—26 35	3.83	R
7 11.5	—30 30	5.31	5
7 11.9	—48 6	4.88	8
7 13.3	—36 25	5.01	3
7 13.7	—26 37	6.34	5
7 14.5	—24 47	4.40	5
7 15.1	—36 34	5.11	3
7 15.5	+ 3 46	6.84	0
7 16.7	—22 40	6.45	8
7 16.8	—26 47	5.84	3
7 17.2	— 8 48	6.17	0
7 17.8	—18 50	4.87	0
7 18.2	—51 54	5.50	0
7 18.8	+15 43	6.37	0
7 19.2	—31 44	5.43	0
7 19.8	—32 1	5.47	0
7 20.0	—30 2	6.59	0
7 20.1	—29 6	2.43	0
7 21.7	+ 8 29	3.09	8
7 21.9	—31 32	6.20	0
7 22.8	—22 53	5.48	0
7 23.0	—33 56	5.98	0
7 23.8	— 9 50	6.59	0
7 24.0	—28 57	5.52	9
7 25.1	—31 38	6.06	0
7 25.1	—31 39		
7 25.3	—31 15	5.80	3
7 31.4	—14 16	5.57	0
7 32.3	—19 29	5.66	0
7 33.6	—34 44	4.62	8
7 34.7	—26 34	3.81	8
7 34.7	—26 34		3
7 35.3	—26 38	6.23	8
7 36.0	—38 4	4.91	5
7 36.3	—38 1	5.78	5
7 36.4	—37 20	6.02	3
7 37.8	—38 18	5.48	8
7 40.2	—37 58	6.44	5
7 40.4	—24 26	5.53	3
7 40.4	—58 24	6.44	0
7 41.0	—37 43	5.86	8
7 41.5	—37 39	6.45	3
7 42.6	—37 42	5.86	3
7 42.9	—22 17	5.84	0
7 43.4	—19 44	8.2	0
7 43.7	—41 16	6.97	0
7 43.9	—38 16	5.11	3
7 44.5	—46 22	5.26	2
7 45.9	—40 27	6.60	0
7 46.2	—46 8	4.25	0
7 46.3	—46 37	5.98	2
7 48.0	—42 51	6.38	2
7 48.4	—42 38	6.16	2
7 49.1	—38 36	4.53	3
7 50.2	—49 21	4.83	3
7 50.3	—47 51	4.32	1
7 50.5	—35 37	5.41	8
7 51.7	+43 47	7.04	0
7 52.5	—43 35	6.04	2
7 53.0	—40 28	6.32	0
7 53.7	—43 14	5.42	5
7 54.1	—43 50	5.10	0
7 54.2	—52 43	3.60	3
7 54.3	—47 37	6.08	5
7 55.7	— 2 36	6.19	0
7 55.9	—44 57	6.02	8
7 55.9	—63 2	6.09	8
7 56.4	—49 42	5.78	3
7 56.4	—49 42		
7 57.2	—60 33	5.88	3
7 57.8	+33 19	6.61	0
7 57.9	—59 56	6.41	8
7 58.4	—53 52	5.89	5
7 58.9	—54 14	5.99	0
7 59.1	—63 17	4.96	3
8 3.3	—62 33	6.42	3
8 4.3	—41 31	7.33	0
8 4.5	—18 57	4.34	3
8 6.3	—43 49	5.16	3
8 6.4	—47 3	4.79	3
8 6.7	—47 38	5.40	3
8 7.1	—63 30	6.38	8
8 7.6	—68 19	4.46	5
8 8.0	—42 41	4.87	0
8 8.2	—48 9	5.94	3
8 9.3	—45 57	6.08	3
8 10.2	—31 50	6.10	0
8 10.2	—36 1	5.12	3
8 10.5	—46 41	5.28	3
8 10.6	—46 16	7.5	0
8 11.0	—40 31	6.75	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
8 11.2	—45 31	6.02	0	9 53.4	—54 6	3.70	5
8 11.7	—46 10	6.57	0	9 53.6	—52 10	6.15	0
8 17.5	—36 10	5.17	3	9 54.4	—70 55	6.42	0
8 19.0	—57 39	6.07	5	9 54.8	—68 37	6.34	0
8 19.5	—48 10	4.90	2	9 58.0	—52 53	6.50	0
8 20.1	—71 12	5.44	9	10 3.0	+12 27	1.34	8
8 21.5	—42 27	6.20	0	10 5.1	—51 19	5.10	0
8 22.4	—41 50	5.30	0	10 8.3	—57 34	6.12	0
8 22.7	—51 24	5.23	2	10 8.6	—61 2	7.3	0
8 24.2	—34 47	5.82	0	10 10.0	—64 40	7.2	0
8 25.7	—43 50	5.94	0	10 10.1	—61 9	6.48	3
8 25.9	—47 36	5.52	5	10 11.4	—69 32	3.56	8
8 26.0	—44 23	5.06	0	10 11.6	—54 28	6.48	0
8 26.5	—46 0	6.11	0	10 16.2	—58 39	6.8	0
8 27.2	—44 24	6.49	0	10 16.9	—56 40	7.8	0
8 28.0	—47 32	6.50	0	10 18.8	—59 15	7.6	0
8 29.6	—38 2	6.38	0	10 21.6	—58 22	7.2	0
8 33.0	—57 53	5.40	3	10 23.7	— 3 14	6.11	0
8 36.6	—53 5	5.60	5	10 24.9	—62 40	6.72	0
8 37.1	—52 42	5.38	5	10 25.0	—30 5	5.65	9
8 37.4	—52 34	3.68	3	10 25.0	—30 5	5.65	9
8 37.9	—48 34	6.14	0	10 26.5	—56 34	6.92	0
8 38.0	+ 3 46	4.32	3	10 27.1	—66 29	6.40	0
8 38.5	—45 3	5.23	5	10 27.5	—43 59	7.6	0
8 38.5	—59 24	4.42	2	10 28.4	—63 26	7.8	0
8 39.0	—47 44	5.48	3	10 28.5	—61 11	3.58	0
8 39.4	—52 44	5.68	9	10 28.6	—58 2	7.2	0
8 39.5	—52 45	5.04	5	10 29.6	—57 41	6.25	8
8 39.6	—32 50	3.70	2	10 34.2	—56 44	6.35	3
8 43.1	—45 32	5.54	5	10 35.4	—55 28	7.3	0
8 44.1	—56 25	4.63	3	10 35.7	—60 28	7.2	0
8 47.1	—46 10	4.89	0	10 35.9	—63 36	6.60	0
8 51.6	—59 59	5.98	3	10 36.0	—55 46	8.4	0
8 52.8	—60 16	3.98	8	10 38.7	—56 21	7.4	0
8 53.3	—52 21	4.77	5	10 38.7	—63 57	5.22	3
8 54.5	—58 51	5.08	3	10 38.9	—58 42	5.44	3
8 57.6	—41 28	5.54	5	10 39.3	—60 39	6.4	0
8 58.7	—51 48	5.42	9	10 39.4	—63 52	3.05	0
9 0.1	—53 9	6.48	9	10 40.3	—63 44	6.14	3
9 7.4	—44 27	4.96	5	10 40.5	—63 26	5.09	3
9 8.0	—46 10	5.92	0	10 40.8	—79 16	6.18	5
9 8.4	—58 33	3.56	3	10 42.4	—61 25	7.3	0
9 9.0	—61 54	4.18	3	10 42.7	+38 6	6.89	0
9 10.6	—42 49	5.15	3	10 42.7	—63 59	5.54	5
9 12.6	—57 58	6.06	5	10 42.8	—63 44	5.43	8
9 16.5	—54 45	6.44	5	10 43.2	—63 52	5.16	5
9 19.0	—54 35	2.63	3	10 43.3	—56 48	7.6	0
9 30.2	—48 34	5.35	3	10 43.9	—59 21	6.69	0
9 31.5	—58 47	4.20	5	10 44.0	—64 1	7.0	0
9 36.6	—60 53	4.67	9	10 44.2	—68 55	6.68	0
9 36.8	—80 30	5.28	0	10 44.8	—80 1	4.62	3
9 42.6	—44 18	5.68	0	10 46.4	—62 6	7.5	0
9 50.2	—50 40	6.00	0	10 46.8	—60 44	7.04	0
9 52.7	—50 52	6.47	0	10 47.8	—62 23	7.9	0
9 50.4	—44 49	6.04	0	10 49.3	—60 71	7.6	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
6 56.1	—21 59	6.33	8	7 37.8	—38 18	5.48	8
6 57.0	—25 4	5.80	0	7 40.2	—37 58	6.44	5
6 57.5	—27 5	6.66	0	7 40.4	—24 26	5.53	3
6 58.8	—23 41	3.12	0	7 40.4	—58 24	6.44	0
6 59.2	—15 29	4.07	5	7 41.0	—37 43	5.86	8
6 59.6	—24 56	6.82	0	7 41.5	—37 39	6.45	3
7 1.1	—52 16	6.62	0	7 42.6	—37 42	5.86	3
7 2.2	—30 30	6.38	8	7 42.9	—22 17	5.84	0
7 2.9	—26 30	6.38	5	7 43.4	—19 44	8.2	0
7 4.6	—23 53	6.47	3	7 43.7	—41 16	6.97	0
7 5.5	—39 29	4.85	3	7 43.9	—38 16	5.11	3
7 5.6	—25 4	5.76	0	7 44.5	—46 22	5.26	2
7 8.1	—25 46	5.86	3	7 45.9	—40 27	6.60	0
7 8.1	—27 10	6.68	0	7 46.2	—46 8	4.25	0
7 9.6	—22 44	6.24	3	7 46.3	—46 37	5.98	2
7 9.6	—27 11	5.86	3	7 48.0	—42 51	6.38	2
7 10.0	—30 54	6.53	0	7 48.4	—42 38	6.16	2
7 10.1	—30 10	6.31	5	7 49.1	—38 36	4.53	3
7 10.2	—26 10	4.66	0	7 50.2	—49 21	4.83	3
7 10.7	—26 35	3.83	R	7 50.3	—47 51	4.32	1
7 11.5	—30 30	5.31	5	7 50.5	—35 37	5.41	8
7 11.9	—48 6	4.88	8	7 51.7	+43 47	7.04	0
7 13.3	—36 25	5.01	3	7 52.5	—43 35	6.04	2
7 13.7	—26 37	6.34	5	7 53.0	—40 28	6.32	0
7 14.5	—24 47	4.40	5	7 53.7	—43 14	5.42	5
7 15.1	—36 34	5.11	3	7 54.1	—43 50	5.10	0
7 15.5	+ 3 46	6.84	0	7 54.2	—52 43	3.60	3
7 16.7	—22 40	6.45	8	7 54.3	—47 37	6.08	5
7 16.8	—26 47	5.84	3	7 55.7	— 2 36	6.19	0
7 17.2	— 8 48	6.17	0	7 55.9	—44 57	6.02	8
7 17.8	—18 50	4.87	0	7 55.9	—63 2	6.09	8
7 18.2	—51 54	5.50	0	7 56.4	—49 42	5.78	3
7 18.8	+15 43	6.37	0	7 56.4	—49 42		
7 19.2	—31 44	5.43	0	7 57.2	—60 33	5.88	3
7 19.8	—32 1	5.47	0	7 57.8	+33 19	6.61	0
7 20.0	—30 2	6.59	0	7 57.9	—59 56	6.41	8
7 20.1	—29 6	2.43	0	7 58.4	—53 52	5.89	5
7 21.7	+ 8 29	3.09	8	7 58.9	—54 14	5.99	0
7 21.9	—31 32	6.20	0	7 59.1	—63 17	4.96	3
7 22.8	—22 53	5.48	0	8 3.3	—62 33	6.42	3
7 23.0	—33 56	5.98	0	8 4.3	—41 31	7.33	0
7 23.8	— 9 50	6.59	0	8 4.5	—18 57	4.34	3
7 24.0	—28 57	5.52	9	8 6.3	—43 49	5.16	3
7 25.1	—31 38	6.06	0	8 6.4	—47 3	4.79	3
7 25.1	—31 39			8 6.7	—47 38	5.40	3
7 25.3	—31 15	5.80	3	8 7.1	—63 30	6.38	8
7 31.4	—14 16	5.57	0	8 7.6	—68 19	4.46	5
7 32.3	—19 29	5.66	0	8 8.0	—42 41	4.87	0
7 33.6	—34 44	4.62	8	8 8.2	—48 9	5.94	3
7 34.7	—26 34	3.81	8	8 9.3	—45 57	6.08	3
7 34.7	—26 34		3	8 10.2	—31 50	6.10	0
7 35.3	—26 38	6.23	8	8 10.2	—36 1	5.12	3
7 36.0	—38 4	4.91	5	8 10.5	—46 41	5.28	3
7 36.3	—38 1	5.78	5	8 10.6	—46 16	7.5	0
7 36.4	—37 20	6.02	3	8 11.0	—40 31	6.75	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
8 11.2	—45 31	6.02	0	9 53.4	—54 6	3.70	5
8 11.7	—46 10	6.57	0	9 53.6	—52 10	6.15	0
8 17.5	—36 10	5.17	3	9 54.4	—70 55	6.42	0
8 19.0	—57 39	6.07	5	9 54.8	—68 37	6.34	0
8 19.5	—48 10	4.90	2	9 58.0	—52 53	6.50	0
8 20.1	—71 12	5.44	9	10 3.0	+12 27	1.34	8
8 21.5	—42 27	6.20	0	10 5.1	—51 19	5.10	0
8 22.4	—41 50	5.30	0	10 8.3	—57 34	6.12	0
8 22.7	—51 24	5.23	2	10 8.6	—61 2	7.3	0
8 24.2	—34 47	5.82	0	10 10.0	—64 40	7.2	0
8 25.7	—43 50	5.94	0	10 10.1	—61 9	6.48	3
8 25.9	—47 36	5.52	5	10 11.4	—69 32	3.56	8
8 26.0	—44 23	5.06	0	10 11.6	—54 28	6.48	0
8 26.5	—46 0	6.11	0	10 16.2	—58 39	6.8	0
8 27.2	—44 24	6.49	0	10 16.9	—56 40	7.8	0
8 28.0	—47 32	6.50	0	10 18.8	—59 15	7.6	0
8 29.6	—38 2	6.38	0	10 21.6	—58 22	7.2	0
8 33.0	—57 53	5.40	3	10 23.7	— 3 14	6.11	0
8 36.6	—53 5	5.60	5	10 24.9	—62 40	6.72	0
8 37.1	—52 42	5.38	5	10 25.0	—30 5	5.65	9
8 37.4	—52 34	3.68	3	10 25.0	—30 5	5.65	9
8 37.9	—48 34	6.14	0	10 26.5	—56 34	6.92	0
8 38.0	+ 3 46	4.32	3	10 27.1	—66 29	6.40	0
8 38.5	—45 3	5.23	5	10 27.5	—43 59	7.6	0
8 38.5	—59 24	4.42	2	10 28.4	—63 26	7.8	0
8 39.0	—47 44	5.48	3	10 28.5	—61 11	3.58	0
8 39.4	—52 44	5.68	9	10 28.6	—58 2	7.2	0
8 39.5	—52 45	5.04	5	10 29.6	—57 41	6.25	8
8 39.6	—32 50	3.70	2	10 34.2	—56 44	6.35	3
8 43.1	—45 32	5.54	5	10 35.4	—55 28	7.3	0
8 44.1	—56 25	4.63	3	10 35.7	—60 28	7.2	0
8 47.1	—46 10	4.89	0	10 35.9	—63 36	6.60	0
8 51.6	—59 59	5.98	3	10 36.0	—55 46	8.4	0
8 52.8	—60 16	3.98	8	10 38.7	—56 21	7.4	0
8 53.3	—52 21	4.77	5	10 38.7	—63 57	5.22	3
8 54.5	—58 51	5.08	3	10 38.9	—58 42	5.44	3
8 57.6	—41 28	5.54	5	10 39.3	—60 39	6.4	0
8 58.7	—51 48	5.42	9	10 39.4	—63 52	3.05	0
9 0.1	—53 9	6.48	9	10 40.3	—63 44	6.14	3
9 7.4	—44 27	4.96	5	10 40.5	—63 26	5.09	3
9 8.0	—46 10	5.92	0	10 40.8	—79 16	6.18	5
9 8.4	—58 33	3.56	3	10 42.4	—61 25	7.3	0
9 9.0	—61 54	4.18	3	10 42.7	+38 6	6.89	0
9 10.6	—42 49	5.15	3	10 42.7	—63 59	5.54	5
9 12.6	—57 58	6.06	5	10 42.8	—63 44	5.43	8
9 16.5	—54 45	6.44	5	10 43.2	—63 52	5.16	5
9 19.0	—54 35	2.63	3	10 43.3	—56 48	7.6	0
9 30.2	—48 34	5.35	3	10 43.9	—59 21	6.69	0
9 31.5	—58 47	4.20	5	10 44.0	—64 1	7.0	0
9 36.6	—60 53	4.67	9	10 44.2	—68 55	6.68	0
9 36.8	—80 30	5.28	0	10 44.8	—80 1	4.62	3
9 42.6	—44 18	5.68	0	10 46.4	—62 6	7.5	0
9 50.2	—50 40	6.00	0	10 46.8	—60 44	7.04	0
9 52.7	—50 52	6.47	0	10 47.8	—62 23	7.9	0
9 50.4	—44 49	6.04	0	10 49.3	—60 71	7.6	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
10 52.6	—61 10	7.3	0	13 6.0	—59 23	4.76	8
10 57.1	—60 41	8.1	0	13 8.5	—67 22	4.95	8
10 58.6	—59 12	7.08	0	13 14.5	—52 13	5.70	8
10 59.8	—57 25	7.2	0	13 16.1	—60 27	6.51	3
11 0.8	—60 31	7.6	0	13 16.2	—51 40	6.10	0
11 1.1	—26 45	5.69	8	13 16.2	—60 28	4.62	3
11 1.9	—59 25	7.2	0	13 17.2	+ 5 41	5.87	0
11 3.3	—60 50	8.2	0	13 19.9	—10 38	1.21	2
11 3.9	—60 17	8.0	0	13 21.3	—48 52	6.34	0
11 4.6	—61 1	7.5	0	13 33.5	—52 57	2.56	1
11 5.7	—59 33	7.7	0	13 36.4	—56 16	6.30	0
11 6.6	—57 55	6.34	8	13 43.5	—41 11	3.53	2
11 9.2	—59 4	5.98	3	13 43.6	+49 49	1.91	3
11 16.4	—53 56	4.26	5	13 45.6	—46 25	5.87	3
11 30.0	—53 42	4.82	8	13 46.0	—32 30	4.47	5
11 31.2	—62 28	3.34	9	13 47.5	—31 26	4.76	5
11 31.8	—60 30	5.84	3	13 47.7	—46 39	5.94	0
11 35.2	—34 11	4.88	8	13 49.3	—46 46	3.06	0
11 40.8	—45 8	5.44	8	13 52.2	—41 36	4.05	3
11 44.8	—63 14	4.52	5	13 52.5	—44 19	4.17	3
11 47.8	—33 21	4.40	2	13 56.8	—59 53	0.86	1
11 52.6	—61 53	5.70	5	13 59.9	—40 42	4.54	3
11 54.7	—77 40	5.05	9	14 6.9	—54 9	6.23	5
11 55.8	—19 6	5.28	0	14 8.7	—66 7	5.88	8
11 59.2	—62 36	4.98	3	14 9.6	—82 23	6.37	8
12 1.7	—11 41	6.70	0	14 10.3	—79 39	5.20	0
12 2.9	—50 6	4.81	5	14 13.0	—45 36	4.10	3
12 3.8	—40 40	5.62	0	14 13.3	—55 56	4.41	5
12 6.4	—51 48	4.20	3	14 16.1	—47 52	6.26	0
12 8.2	—38 22	5.90	0	14 16.8	—39 3	4.55	5
12 8.9	—63 51	6.42	1	14 16.8	—67 44	5.71	8
12 9.8	—58 12	3.08	3	14 19.7	—44 46	4.65	3
12 10.7	—16 59	2.78	8	14 22.4	—29 3	5.00	8
12 12.5	—78 45	4.38	5	14 23.7	—44 53	5.49	9
12 13.0	—63 26	4.26	3	14 25.9	—50 1	4.60	2
12 21.0	—62 33	1.05	1	14 31.2	—49 0	4.14	5
12 21.1	—62 32			14 35.3	—46 58	2.89	2
12 21.0	—62 34	5.14	5	14 35.5	—62 32	6.5	0
12 21.1	—50 53	5.04	3	14 35.7	—37 21	4.09	3
12 21.8	—63 14	6.20	8	14 37.4	—24 34	5.75	2
12 22.6	—49 40	4.16	3	14 42.1	—26 13	5.80	9
12 26.5	—71 35	4.04	5	14 45.1	—43 9	4.49	5
12 31.2	—68 35	2.94	3	14 46.6	—37 23	5.11	0
12 34.4	—39 26	4.79	8	14 48.7	—62 22	5.42	0
12 36.2	—59 8	5.02	8	14 52.0	—42 44	2.81	0
12 36.9	—62 30	6.00	0	14 52.7	—41 42	3.35	3
12 40.1	—67 34	3.26	3	14 58.3	—46 40	4.02	5
12 40.6	—55 56	4.86	3	14 59.1	—48 30	6.74	0
12 41.9	—59 9	1.50	1	15 2.1	—44 54	4.39	3
12 46.5	—39 8	6.14	8	15 5.0	—48 21	4.14	9
12 48.7	—58 36	4.84	3	15 6.1	—44 8	4.92	3
12 49.6	—41 45	7.1	0	15 8.5	—60 32	5.95	1
12 50.1	—56 17	5.58	5	15 8.9	—60 35	5.24	5
13 0.4	—47 56	4.96	3	15 9.5	—43 7	6.32	5
13 1.0	—49 22	4.40	3	15 10.8	—60 8	5.50	5

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′		
15 11.5	—47 31	4.36	8
15 11.6	— 9 1	2.74	8
15 12.4	—40 26	5.78	8
15 14.8	—40 17	3.43	2
15 15.9	—44 20	3.74	3
15 16.8	—36 30	4.69	3
15 20.7	+37 44	4.33	0
15 20.9	—36 25	5.52	5
15 28.1	—49 20	7.0	0
15 28.5	—40 50	2.95	3
15 28.9	+31 42	4.17	0
15 29.0	— 8 51	5.15	3
15 29.0	—44 37	4.84	3
15 29.2	—73 7	5.76	8
15 32.6	—29 27	3.80	3
15 35.6	+36 58	4.69	0
15 35.6	+36 58		
15 36.3	—34 23	4.82	5
15 40.4	—34 22	5.61	8
15 44.6	—33 19	4.11	9
15 45.0	—25 27	4.77	3
15 47.5	—19 52	5.06	0
15 47.6	—25 2	4.66	3
15 48.0	—23 41	5.36	0
15 48.4	—27 3	6.01	0
15 49.2	—19 6	5.90	0
15 50.7	—28 55	4.02	3
15 51.9	—20 41	5.87	0
15 52.1	—53 44	6.38	0
15 52.6	—13 59	4.68	0
15 52.6	—24 32	5.41	0
15 52.8	—25 50	3.00	0
15 53.4	—38 6	3.61	3
15 54.4	—22 20	2.54	0
15 54.6	—50 50	6.75	0
15 56.8	—38 19	4.97	5
15 59.6	—19 32	2.76	1
16 0.0	—36 32	4.33	3
16 1.0	—20 24	4.13	2
16 5.4	—26 53	6.77	0
16 6.1	—27 40	4.70	0
16 6.2	—19 12	4.16	0
16 7.7	—24 10	6.34	0
16 15.0	—49 20	5.49	5
16 15.1	—25 21	3.08	1
16 16.7	+46 33	3.91	5
16 19.6	—23 13	4.76	0
16 19.6	—23 14		
16 19.8	—47 20	4.71	5
16 22.5	—46 2	5.46	1
16 24.8	—34 29	4.33	3
16 29.7	—28 1	2.91	0
16 31.4	—43 12	6.14	0
16 31.5	—56 47	7.5	0
16 31.7	—10 22	2.70	0
16 34.1	—49 27	5.91	0
16 36.6	—60 22	7.6	0
16 37.8	—40 39	5.68	0
16 37.8	—58 19	5.94	3
16 38.8	—58 9	5.76	0
16 45.1	—37 53	3.09	0
16 45.6	—37 51	3.64	2
16 47.0	—41 39	5.34	0
16 47.1	—41 41	6.02	0
16 48.4	—50 31	6.57	0
16 51.1	—37 50	7.29	0
16 53.2	—58 48	6.32	0
16 55.9	—57 34	5.88	0
17 0.4	— 0 45	5.62	0
17 6.5	—32 19	6.00	0
17 6.5	—82 41	6.78	0
17 8.5	+65 50	3.22	5
17 9.2	—42 14	7.1	0
17 10.3	—49 21	7.7	0
17 11.4	+ 1 19	5.96	0
17 13.6	+33 12	R	3
17 15.2	—60 35	5.96	8
17 15.8	—47 23	5.50	0
17 15.9	—24 54	3.37	3
17 17.0	—44 4	5.10	8
17 17.0	—56 17	3.51	1
17 18.2	—49 39	7.3	0
17 20.5	—46 57	7.4	0
17 21.3	—29 39	5.92	9
17 22.1	—60 36	3.79	8
17 22.7	—31 27	6.81	0
17 22.9	—56 50	6.29	8
17 23.5	—33 38	6.56	0
17 24.0	—37 13	2.80	3
17 24.1	—49 48	2.97	0
17 26.5	—32 59	7.08	0
17 26.8	—37 2	1.71	2
17 27.1	+ 2 54	7.8	0
17 28.1	—32 31	5.71	0
17 35.6	—38 59	2.51	2
17 36.6	+46 4	3.79	3
17 42.2	—26 57	6.16	3
17 42.3	—53 35	5.90	0
17 42.7	—31 40	4.83	8
17 47.4	+48 25	6.43	0
17 50.9	—32 2	8.3	0
17 51.2	+ 0 42	5.73	0
17 52.3	—28 45	5.95	0
17 55.3	+ 4 23	4.81	0
17 55.6	+ 2 56	3.92	0
17 55.8	—27 30	8.3	0
17 56.0	+ 6 16	6.18	0
17 56.1	+76 1	7.12	0
17 56.4	—29 22	8.2	0
17 56.7	—20 44	6.85	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
17 58.1	+20 50	5.09	0	19 41.6	—61 18	6.42	0
17 58.1	—27 23	8.2	0	19 46.8	+22 21	4.91	0
17 58.8	—50 6	3.90	1	19 53.2	—35 33	4.39	3
17 59.6	+ 1 55	6.09	0	19 56.2	+36 46	5.15	0
18 1.1	—45 47	6.42	8	19 57.5	+24 31	5.75	0
18 4.4	+20 48	4.32	2	20 2.5	+23 19	5.08	0
18 4.4	—33 49	6.24	0	20 2.8	— 7 3	6.85	0
18 6.2	—41 22	5.52	0	20 5.8	— 9 9	6.45	0
18 8.2	—28 52	8.1	0	20 7.0	+21 35	6.11	0
18 8.7	—56 4	5.54	0	20 7.8	+26 11	5.91	8
18 9.3	—20 25	6.02	1	20 11.0	+25 17	4.82	3
18 9.3	—20 46	5.42	0	20 17.7	—57 3	2.12	3
18 11.5	—42 20	6.48	0	20 28.4	+10 58	3.98	5
18 12.9	—18 12	8.2	0	20 29.7	+20 38	6.28	0
18 13.2	+11 51	7.02	0	20 32.8	—67 7	5.36	9
18 14.5	+12 9	6.93	0	20 33.7	—15 18	5.30	0
18 16.1	—36 44	5.39	8	20 34.2	+23 46	5.04	0
18 19.6	—46 1	3.76	3	20 34.4	+15 29	5.92	2
18 22.0	—62 20	4.81	8	20 35.0	+15 34	3.86	8
18 22.1	—17 51	6.03	8	20 38.5	+35 5	6.50	0
18 24.4	—45 59	5.05	8	20 43.4	—26 9	5.78	8
18 24.7	—45 49	5.33	5	20 43.5	+36 7	4.47	0
18 29.6	+30 49	6.43	0	20 43.5	+25 49	7.00	0
18 37.6	—35 45	4.82	3	20 47.9	+32 28	6.35	0
18 39.4	—27 6	3.30	8	20 49.7	+44 0	4.68	0
18 43.0	—62 18	4.42	2	21 9.3	+59 35	5.65	1
18 43.2	—47 53	7.30	0	21 13.8	+34 29	4.42	R
18 46.1	+32 42	5.77	2	21 14.8	—43 31	5.06	5
18 47.2	—16 30	6.84	0	21 17.3	+64 27	5.18	0
18 48.2	—24 53	7.06	0	21 17.6	—83 7	6.52	0
18 49.1	—26 25	2.14	3	21 27.4	+70 7	3.32	1
18 49.9	—23 18	5.89	8	21 35.9	+57 2	5.64	5
18 49.9	—37 28	5.41	5	21 38.6	+50 44	4.78	0
18 50.2	+36 51	5.51	3	21 43.1	+48 51	4.26	0
18 50.5	—53 4	5.03	9	21 44.8	+20 0	6.16	0
18 52.3	—20 33	6.73	0	21 47.9	—37 50	3.16	8
18 57.7	+50 24	5.24	0	21 48.5	+25 27	5.05	0
19 3.0	—42 3	5.86	5	21 53.6	—56 22	6.21	8
19 3.7	+35 57	5.13	0	21 58.9	—27 19	5.84	0
19 4.2	—39 10	6.24	8	22 1.9	—47 27	2.16	5
19 10.4	+38 58	4.46	3	22 3.5	—19 1	5.74	0
19 11.9	+21 13	4.60	0	22 17.3	+15 8	6.64	0
19 13.5	+22 51	5.40	0	22 20.2	+ 0 52	4.64	1
19 15.4	—44 39	4.24	8	22 20.2	—65 28	4.80	9
19 15.5	—44 38			22 20.4	+48 58	4.64	9
19 15.8	—19 25	6.38	0	22 26.1	+42 36	4.54	0
19 17.0	—40 48	4.11	8	22 30.2	— 0 38	4.13	8
19 18.7	+26 4	4.92	0	22 30.7	—16 54	6.69	0
19 20.2	+29 26	4.86	2	22 34.8	+38 32	4.91	0
19 23.4	+ 2 43	5.92	0	22 35.1	—27 34	4.22	8
19 25.5	+ 3 14	6.33	0	22 36.5	+10 19	3.61	8
19 28.1	+34 14	4.85	0	22 37.0	+39 43	5.18	0
19 30.6	—25 6	4.66	9	22 41.0	—80 39	5.52	8
19 31.6	— 1 31	4.28	0	22 52.7	+48 9	5.20	0
19 34.3	+ 5 10	5.17	0	23 2.4	+58 53	4·93	0

R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Magn.	Sp.
h m	° ′			h m	° ′		
23 3.0	+59 13	6.28	2	23 50.1	—32 29	6.05	0
23 12.3	—16 43	6.57	0	23 50.5	+56 53	6.05	8
23 15.7	+60 36	6.73	0	23 52.4	+75 45	7.8	0
23 25.4	+58 0	4.89	3	23 53.7	+31 48	6.36	0
23 27.6	—38 22	4.46	9	23 54.7	—66 8	4.71	9
23 41.5	+66 13	5.94	0	23 57.2	—30 16	4.99	5
23 41.9	—50 47	5.37	5				

Dieses Verzeichnis lehrt, daß die Häufigkeit der Sterne mit Spektra der Klasse B in den verschiedenen Teilen der Himmelssphäre sehr ungleich ist. Um dieselbe genauer darzustellen, wurde für jeden Stern dessen galaktische Länge und Breite (Winkelabstand von der Ebene der Milchstraße) berechnet und detailliert. Auf diese Weise ergaben sich folgende Tabellen. In der ersten sind sämtliche Sterne der Klasse B aufgeführt, auch solche, welche nur wenig von dem Typus der Klasse A sich entfernen, aber doch Heliumlinien zeigen. In der zweiten Tabelle sind nur diejenigen Sterne der Klasse B nach ihrer Verteilung aufgeführt, welche das charakteristische Heliumspektrum sehr deutlich zeigen.

Verteilung der B-Sterne überhaupt.

Breite	Area	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°	210°	230°	250°	270°	290°	310°	330°	350°	Summa
+90° bis +30°	573	1	5	—	2	—	—	—	3	—	1	1	—	4	—	2	1	2	—	22
+30° „ +20°	181	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	—	1	2	5	3	8	5	2	30
+20° „ +10°	193	5	5	1	2	1	—	—	1	2	1	—	—	2	7	23	17	1	4	72
+10° „ 0°	199	—	5	1	3	4	3	5	6	6	4	6	9	24	15	12	10	3	1	117
0° „ —10°	199	3	6	5	5	7	12	2	11	5	6	47	57	50	16	9	15	16	3	275
—10° „ —20°	193	1	6	1	4	4	4	8	2	62	11	18	8	14	5	6	11	6	3	174
—20° „ —30°	181	2	—	2	1	1	1	13	1	11	4	4	4	3	3	1	3	5	1	60
—30° „ —90°	573	2	3	2	1	—	—	2	3	1	4	7	3	3	7	3	5	2	5	53
Summa	—	14	30	13	19	17	20	31	27	87	32	83	82	102	58	59	70	40	19	803

Verteilung der charakteristischen B-Sterne.

Breite	Area	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°	210°	230°	250°	270°	290°	310°	330°	350°	Summa
+90° bis +30°	573	1	5	—	2	—	—	—	3	—	—	1	—	2	—	2	1	1	—	18
+30° „ +20°	181	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	—	—	1	3	2	7	5	2	24
+20° „ +10°	193	5	5	1	2	1	—	—	1	1	1	—	—	1	7	21	15	1	4	66
+10° „ 0°	199	—	5	1	3	4	1	5	5	6	4	6	9	22	12	10	10	2	1	106
0° „ —10°	199	3	5	5	4	6	11	2	10	5	6	39	53	45	11	9	14	15	2	245
—10° „ —20°	193	1	5	1	4	4	3	8	2	62	10	16	7	9	4	3	8	4	2	153
—20° „ —30°	181	2	—	2	1	1	1	7	1	11	4	4	4	—	2	—	2	2	—	44
—30° „ —90°	573	2	2	1	1	—	—	2	2	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	30
Summa	—	14	27	12	18	16	16	25	24	86	28	69	74	82	42	48	60	31	14	686

Man erkennt aus dieser Tabelle das auffallende Überwiegen der Sterne der Klasse B in und nahe der Milchstraße; nahezu 0.9 von allen befinden sich in der Zone innerhalb 30° des galaktischen Äquators, obgleich diese nur die Hälfte der ganzen Himmelssphäre bedeckt. Auch sind die Sterne in bezug auf die Länge nicht gleichmäßig verteilt, am zahlreichsten finden sie sich in der Nähe von η Canis majoris und ι Carinae und im Sternbilde Argo. Der Name Orionsterne ist daher nicht zutreffend.

Zweites Supplement des Kataloges der veränderlichen Sterne der Sternwarte des Harvard College zu Cambridge.[1]) Zu dem 1. Supplement[2]) gibt nunmehr Miss Leavitt bereits ein zweites, welches alle 1904 entdeckten Veränderlichen umfaßt mit Ausnahme der in den Nebelflecken entdeckten. Die Anzahl der Veränderlichen vermehrt sich damit bis Ende 1904 um 503, von denen 431 photographisch auf der Harvardsternwarte entdeckt wurden. Der zweite Supplementkatalog hat nahezu die nämliche Anordnung wie der erste und folgt hier:

Name	R. A. 1900	Dek. 1900	Max.	Min.	Periode	Entdecker
	h m	° ′			d	
— Cassiopeiae . . .	0 18.0	+55 15	7.1	8.5	—	Tass
— Androm.	41.9	+32 9	*10*	*<12*	—	Williams
Z Ceti	1 1.6	— 2 1	9	12	212.5	Luther
— Cassiopeiae . . .	5.1	+64 29	—	—	—	Barr
RV Androm. . . .	2 4.6	+48 28	*8.5*	*10.5*	182	Williams
RS Persei	15.3	+56 39	*8*	*10*	—	Ceraski
RR Persei	21.7	+50 49	*9*	*<13*	517?	Ceraski
— Cassiopeiae . . .	58.8	+67 11	—	—	—	Ceraski
RT Persei	3 16.7	+46 12	*9.5*	*11.5*	0.8+	Ceraski
— Persei	23.9	+39 19	*9.3*	*11.5*	161.7	Williams
— Tauri	4 32.8	+ 8 9	*9*	*<12*	—	Fleming
RT Tauri	58.2	+23 30	9.3	10.3	—	Millosevich
— Orionis	5 25.1	+ 4 7	—	—	—	Fleming
— Orionis	29.7	— 6 10	*13.4*	*14.5*	—	I. Roberts
— Orionis	30.0	— 5 8	—	—	—	I. Roberts
— Orionis	30.2	— 4 32	*12.2*	*14.6*	—	I. Roberts
— Orionis	30.3	— 5 28	*12.4*	*13.3*	—	Parkhurst
— Orionis	30.3	— 5 28	*14.4*	*15.2*	—	Parkhurst
— Orionis	30.4	— 5 28	*15.2*	*16.5*	—	Parkhurst
— Orionis	30.4	— 5 26	*14.0*	*16.6*	—	Parkhurst
— Orionis	30.4	— 5 27	*11.9*	*16.1*	—	Parkhurst
— Orionis	30.9	— 5 20	*11.5*	*<15*	—	Wolf
— Orionis	30.9	— 5 54	*14.1*	*14.8*	—	I. Roberts
— Orionis	32.1	— 5 28	—	—	—	I. Roberts
X Orionis	32.6	— 1 50	*11.0*	*<14*	146	Wolf
— Orionis	32.6	— 5 16	—	—	—	I. Roberts
— Orionis	50.0	+20 9	9.9	10.7	R	Luther
RS Aurigae	56.4	+46 16	*9.2*	*10.5*	—	Ceraski
RR Aurigae	6 4.8	+43 11	—	—	—	Fleming
— Aurigae	27.6	+42 34	—	—	—	Fleming
RT Gemin.	40.7	+18 44	*10.0*	*<15.5*	—	Wolf
RS Monocer. . . .	7 2.2	+ 5 9	9	10.5	—	Anderson
RV Gemin.	11.9	+24 6	*10.5*	*<15*	—	Wolf
RU Gemin.	21.0	+21 38	12.1	14	R	Bohlin
— Can. Min.	42.8	+ 5 44	—	—	—	Wells
Y Cancri	58.6	+20 25	*12*	*14*	—	Wolf
Z Camelop.	8 14.1	+73 26	*10*	*13*	180.5	(Greenwich)
S Leonis Min. . . .	9 47.8	+35 24	*8.5*	*11*	284	Anderson
— Leonis	10 11.8	+12 53	*12*	—	—	Wolf

[1]) Annal. of Harvard Coll. Observatory **53**. Nr. VII.
[2]) Vgl. dieses Jahrbuch **15**. p. 59.

Name	R. A. 1900	Dek. 1900	Max.	Min	Periode	Entdecker
	h m	° ′			d	
Z Ursae Maj. . . .	11 51.3	+58 26	—	—	—	King
Y Ursae Maj. . . .	12 35.8	+56 24	8	9	—	Fleming
—Muscae	13 13.5	—73 55	—	—	—	Wells
—Virginis	31.0	—19 5	—	—	—	Fleming
U Ursae Min. . . .	14 14.9	+67 10	8.5	12	—	Ceraski
RY Centauri . . .	43.3	—42 5	—	—	—	Fleming
—Arae	17 11.6	—45 52	—	—	—	Wells
RU Ophiuchi . . .	17 28.1	+ 9 30	9	12	—	Ceraski
RV Ophiuchi . . .	29.8	+ 7 19	9	12	—	Fleming
RW Ophiuchi . . .	50.5	+ 7 51	10	12.5	745?	Ceraski
V Serpentis	18 11.1	—15 33	9.5	11.1	3.4+	Leavitt
—Lyrae	16.7	+31 41	—	—	—	Fleming
SV Herculis	22.3	+24 58	9.5	<13	202	Pickering
—Sagittarii	40.0	—17 24	12.2	<14.5	—	Wolf
—Draconis.	40.9	+62 34	9.3	12	—	Ceraski
V Scuti	42.5	—12 14	11.5	<14.5	255	Dugan
ST Lyrae	19 6.6	+43 29	10	13	—	Ceraski
—Sagittarii	8.5	—19 0	12.7	13.7	—	Breslin
SW Sagittarii . . .	13.4	—31 54	9.2	11.7	289	Fleming
—Aquilae	33.7	+10 22	13.0	<15	—	Wolf
—Aquilae	34.2	+10 17	11.2	12.7	—	Wolf
—Draconis.	40.6	+80 42	—	—	—	(Greenwich)
X Vulpeculae . . .	53.3	+26 17	9.5	10.5	—	Ceraski
WW Cygni	20 0.6	+41 18	9.3	12.5	3.3+	Ceraski
—Cygni	1.3	+58 40	10.7	11.6	R	Ceraski
W Vulpeculae . . .	5.9	+25 59	9	10	Irr?	Ceraski
—Cygni	9.8	+49 9	—	—	—	Fleming
—Telescopii	12.9	—50 8	—	—	—	Wells
—Vulpeculae . . .	32.0	+23 31	11.2	13.2	—	Wolf
V Vulpeculae . . .	32.3	+26 15	8.0	9.7	75.3	Williams
—Vulpeculae . . .	32.3	+22 33	10.8	<15	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	32.7	+25 58	12.0	15	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	34.5	+22 54	10.3	10.8	—	Götz
—Vulpeculae . . .	34.9	+23 9	10.3	14	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	35.3	+26 55	11.9	14.0	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	37.4	+26 57	12.0	13.5	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	51.6	+26 18	11.0	<15	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	52.3	+23 12	11.9	<15	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	53.1	+27 28	9.9	11.2	—	Wolf
—Vulpeculae . . .	53.4	+25 7	12.3	13.5	—	Wolf
V Microscopii . . .	21 17.5	—41 7	—	—	—	Fleming
—Cephei	44.2	+64 9	10	12.5	—	Ceraski
WY Cygni	44.7	+43 46	9	12.5	R	Ceraski
VZ Cygni	47.7	+42 40	8.2	9.2	—	Ceraski
W Lacertae	22 3.2	+37 15	9.5	<12.5	285	Ceraski
RU Pegasi	9.2	+12 12	9.5	12.2	—	Graff
RV Pegasi	21.0	+29 58	9	<11	—	Williams
T Tucanae	34.0	—62 4	8.0	<13.9	250.6	(Cap)
V Lacertae	44.6	+55 48	8.5	9.5	—	Ceraski
—Androm.	23 5.1	+52 31	8.7	9.4	—	Graff
—Androm.	7.0	+52 21	8.9	9.6	122	Graff
RS Cassiop.	32.6	+61 53	9	11	—	Ceraski
RT Cassiop.	41.4	+53 57	10	<12	—	Ceraski

Der Veränderliche δ Cephei. Dieser von Goodricke 1785 als veränderlich erkannte Stern ist durch die schon von Argelander nachgewiesene Regelmäßigkeit seines Lichtwechsels und seiner Periodendauer bemerkenswert. Argelander fand 1840 die Dauer des Lichtwechsels $5^d\,8^h\,47^m\,39.97^s$ und die größte Helligkeit $1^d\,14.6^h$ nach dem Minimum. Etwa 20^h nach der größten Helligkeit findet eine Verzögerung der Lichtabnahme, also eine Ausbuchtung der Lichtkurve statt. Belopolsky hat den Stern 1894 spektroskopisch untersucht. Hiernach gehört sein Spektrum zum Typus II a und ist ähnlich dem Sonnenspektrum. Helle Linien fehlen darin gänzlich. Nach Belopolskys Untersuchungen beschreibt dieser Stern mit einem unsichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beider eine geschlossene Bahn mit einer Geschwindigkeit von $2^3/_4$ Meilen in der Sekunde, während das ganze System sich der Sonne mit einer Schnelligkeit von 2 bis 5 Meilen in der Sekunde nähert. Jetzt hat Dr. M. Meyermann den Lichtwechsel von δ Cephei auf Grund eines ausgedehnten Beobachtungsmaterials von neuem untersucht. [1]) Aus den Helligkeitsschätzungen von Argelander, Schönfeld, Schmidt, Heis, Pannekoek, Plaßmann und Knopf ergibt sich, daß der Stern im Maximum nahe 3.6, im Minimum 4.2 Größe ist, der Lichtwechsel also 0.6 Größenklasse umfaßt. Die Gestalt der Lichtkurve zeigt eine Ausbuchtung etwa 24^h nach dem Maximum. Was die Periodendauer anbelangt, so ergab sich, daß auch die neuen Beobachtungen mit einer unveränderlichen Periode vereinbar sind. Dr. Meyermann macht schließlich einige interessante Bemerkungen über die mögliche Ursache des Lichtwechsels dieses Sternes. Er sagt: δ Cephei ist ein Doppelstern, dessen Elemente von Belopolsky[2]) berechnet worden sind. Aus ihnen findet sich, daß die Umlaufsperiode mit der Lichtwechselperiode übereinstimmt Die Exzentrizität beträgt 0.5, das Maximum tritt etwa 0.6^d nach dem Periastrum ein. Ferner führen die Elemente zu dem Schlusse, daß die Neigung der Bahnebene gegen die Tangentialebene am Himmel jedenfalls nicht groß sein wird, da sonst die Masse des Sternes unwahrscheinlich klein sein müßte (bei 45°:0.04, bei 10°:4 Sonnenmassen).

An gegenseitige Verfinsterungen ist bei diesem Systeme von vornherein nicht zu denken. Man wird daher auf eine Erklärung durch Flutwirkungen angewiesen sein. Versucht man es zunächst mit der Klinkerfuesschen Fluthypothese, so hat man es hier mit dem gewöhnlich nicht betrachteten Falle zu tun, daß man nahezu senkrecht auf die Ebene einer sehr exzentrischen Bahn blickt. Man wird dann ein Maximum zur Zeit des Periastrums zu erwarten haben, wo die atmosphärische Kappe von dem Pole des Hauptsternes stärker weggezogen ist, ein Minimum zur Zeit des Apastrums. Schreibt man der Flut eine Verzögerung von 0.6^d im Ansteigen und 1.8^d in

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3985.
[2]) Astron. Nachr. **136** und **140**.

der Abnahme zu, so kommt man zu einer befriedigenden Erklärung der beobachteten Lichtkurve.

Prof. Eddie glaubt,[1]) das Aufleuchten des Sternes auf Erhitzung desselben durch starke Flutreibung zurückführen zu können, so daß die zum Aufleuchten gebrachte Energie der Bewegungsenergie des Systemes entnommen wird. Diese Annahme legt die Frage nahe, wie groß wohl die Massen des Sternes sein müssen, damit die durch den jedesmaligen Energieverbrauch bedingte Änderung der Bewegungsverhältnisse, speziell der Periodenlänge, so klein bleibt, daß ihr Vorhandensein den bisherigen Beobachtungen noch hat entgehen können. Eine Rechnung, welche der von Prof. Darwin[2]) angegebenen völlig analog ist, ergibt bei plausibeln Annahmen, daß das Minimum der Massensumme 2.2 (resp. 173) Sonnenmassen sein muß bei einer Parallaxe von 0.1″ (resp. 0.01″), wenn die Änderung der Periode pro Umlauf nicht über 0.000 000 02 d betragen soll. Die Eddiesche Hypothese ist von diesem Gesichtspunkte aus also zulässig, solange die Entfernung des Sternes nicht zu groß (etwa größer als 0.03″) angenommen wird.

Eine dritte mögliche Vorstellung über die Art, wie die Flut eine Helligkeitsschwankung hervorrufen kann, wäre etwa die folgende. Während der Zeit der Lichtabnahme (zugleich Zeit der größern Entfernung des Begleiters) herrscht Gleichgewicht in den äußern strahlenden Schichten des Hauptsternes. Dieselben kühlen sich durch Ausstrahlung ab, beginnen vielleicht auch die von innen kommende Strahlung stärker zu absorbieren, so daß die Helligkeit des Sternes langsam abnimmt. Zugleich wird das Gleichgewicht durch die Dichtezunahme in den äußern Schichten instabil. Kommt nun der Begleiter näher, so stürzt die von ihm erzeugte Flut das Gleichgewicht um, es tritt Mischung mit tiefern, heißern Schichten ein, wodurch die Temperatur und Strahlung rasch auf ihren Maximalwert steigt. Man hat also einen Lichtwechsel zu erwarten, bei welchem das Maximum in raschem Anwachsen der Helligkeit bald nach dem Periastrum, das Minimum einige Zeit nach dem Apastrum erreicht wird, so wie es die Beobachtungen in Wirklichkeit ergeben.

Benennung von neu entdeckten veränderlichen Sternen. Als Fortsetzung des frühern Verzeichnisses,[3]) gibt die von der Astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission zur Herstellung eines Normalkataloges der veränderlichen Sterne eine zweite Zusammenstellung von neu entdeckten Veränderlichen, die sie zur definitiven Benennung für reif erklärt hat.[4]) Dieselbe folgt hier. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die Helligkeit für das Auge gilt, p h, daß es sich um eine photographische Größe handelt.

---

[1]) The short period variable δ Cephei, Astroph. Journ. III.
[2]) Proceedings of the Royal Society Nr. 197. London 1879.
[3]) Siehe dieses Jahrbuch 1904 **15**. p. 67.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 4061.

Nr.	Prov. Bez. A. N.	Name	Position 1900.0 RA.	Position 1900.0 Dekl.	Präzession 1900 RA.	Präzession 1900 Dekl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′	m	m	
1	189.1904	RW Andromedae . . .	0 41 56	+32 8.4	+ 3.23	+0.33	8.3	<12	ph
2	41.1905	RV Cassiopejae	0 47 6	+46 52.8	+ 3.36	+0.33	9	<12½	ph
3	38.1905	RX Andromedae . . .	0 58 58	+40 46.2	+ 3.36	+0.32	10.5	11.8	ph
4	186.1904	RU Cassiopejae	1 5 10	+64 29.2	+ 3.86	+0.32	5.1	5.5	v
5	46.1905	RW Cassiopejae . . .	1 30 42	+57 14.8	+ 3.87	+0.31	8.9	11.0	ph
6	187.1904	RU Persei	3 23 57	+39 18.9	+ 3.92	+0.21	9.5	11	v
7	102.1905	RW Tauri	3 57 45	+27 51.0	+ 3.68	+0.17	7.1	<11	ph
8	61.1905	RV Persei	4 4 9	+33 59.4	+ 3.86	+0.16	9.5	11.0	ph
9	45.1905	RV Tauri	4 40 58	+25 59.9	+ 3.69	+0.11	9.1	10.5	ph
10	79.1905	RS Cephei	4 48 34	+80 5.8	+10.36	+0.10	9.5	12	ph
11	40.1905	RR Camelopardalis . .	5 23 24	+72 22.8	+ 7.23	+0.05	9.5	10.5	ph
12	62.1905	RU Aurigae	5 33 24	+37 35	+ 4.09	+0.04	10.0	<12	ph
13	49.1903	Y Orionis	5 36 36	— 4 11.3	+ 2.98	+0.03	9.8	<15.2	ph
14	47.1905	RT Aurigae	6 22 9	+30 33.3	+ 3.86	—0.03	5.0	5.6	v
15	43.1905	RU Monocerotis . . .	6 49 24	— 7 28.2	+ 2.90	—0.07	9.8	10.5	ph
16	42.1905	RT Monocerotis . . .	8 3 58	—10 30.4	+ 2.86	—0.17	8.5	9.3	v
17	105.1905	RS Camelopardalis. . .	8 36 56	+79 19.7	+ 8.57	—0.21	8.4	9.2	ph
18	78.1905	SS Virginis	12 20 7	+ 1 19.4	+ 3.07	—0.33	8.3	12.5	ph
19	67.1905	RS Ursae majoris . . .	12 34 23	+59 2.6	+ 2.74	—0.33	9	<12	ph

			h m s	° ′	s	′	m	m	
20	—	T Muscae	13 13 30	—73 55.0	+ 4.53	—0.32	8.0	9.7	ph
21	73.1905	RZ Virginis	13 16 45	+ 2 22.2	+ 3.05	—0.32	9	12	v
22	106.1905	RR Ursae majoris . . .	13 22 28	+62 54.6	+ 2.15	—0.31	9.4	<12	ph
23	60.1905	RX Ophiuchi	16 47 52	+ 5 33.8	+ 2.95	—0.10	9.8	<13	v
24	77.1905	RY Ophiuchi	18 11 38	+ 3 39.5	+ 2.99	+0.02	8.5	<10.4	v
25	75.1905	RU Draconis	18 18 5	+59 32.0	+ 0.81	+0.03	9.4	12.5	ph
26	74.1905	RT Draconis	18 21 21	+72 39.6	— 1.19	+0.03	9.4	12	ph
27	39.1905	RS Draconis	18 40 14	+74 14.0	— 1.59	+0.06	9.5	11.5	ph
28	188.1904	RR Draconis	18 40 54	+62 34.5	+ 0.54	+0.06	8.5	<12	ph
29	103.1905	RZ Ophiuchi	18 40 55	+ 7 6.9	+ 2.91	+0.06	9.0	10.5	ph
30	80.1905	SV Lyrae	18 42 1	+36 11.7	+ 2.11	+0.06	10.5	13.5	ph
31	59.1905	SU Lyrae	18 50 7	+36 23.1	+ 2.11	+0.07	10	<12.5	ph
32	81.1905	SW Lyrae	18 51 8	+29 43.5	+ 2.33	+0.07	11	<13	ph
33	82.1905	SX Lyrae	18 51 9	+31 19.7	+ 2.28	+0.07	11.5	<13	ph
34	64.1903	SS Aquilae	19 27 49	+10 18.7	+ 2.85	+0.12	11	15	ph
35	33.1905	SU Aquilae	19 31 2	+ 3 52.1	+ 2.99	+0.13	10	14	ph
36	78.1903	ST Aquilae	19 44 35	+12 7.1	+ 2.81	+0.15	10.5	13.5	ph
37	107.1905	WZ Cygni	20 49 18	+38 27.1	+ 2.29	+0.22	9.9	10.8	v
38	185.1904	RT Cephei	21 44 2	+64 9	+ 1.53	+0.28	10	12½	ph
39	44.1905	RY Andromedae . . .	23 15 53	+39 5.4	+ 2.86	+0.33	10	<12	ph

Der Veränderliche W Sagittarii als spektroskopischer Doppelstern. Von Jul. Schmidt wurde 1866 die Veränderlichkeit dieses Sternes erkannt. Sein Ort am Himmel (für 1900.0) ist: Rektaszension $17^h\ 58.6^m$, Deklination — 29° 35′. Nach dem Harvardkataloge ist er im Maximum 4.3, im Minimum 5.1 Größe. Die Periode des Lichtwechsels beträgt 7.5946 Tage. Das Spektrum dieses Sternes ist sehr ähnlich dem Sonnenspektrum und zeigt zahlreiche, gut definierte Linien. Dies veranlaßte H. Curtiss, den Stern auf der Licksternwarte spektrographisch zu untersuchen. Mit dem Spektrographen I wurden 33 Spektrogramme erhalten, die sich über die ganze Periode des Lichtwechsels verteilen. Es ergab sich gleich anfangs, daß die Radialgeschwindigkeit des Sternes sehr beträchtliche Veränderungen zeigt, und fernerhin, daß dieselbe in enger Beziehung zur Periodizität des Lichtwechsels steht. Unter der Annahme, daß beide genau zusammenfallen, wurde eine mittlere Kurve der gefundenen Geschwindigkeiten des Sternes entworfen, wobei sich ergab, daß diese kleine Oszillationen mit einer Periode von 3.8 Tagen zeigt, welche sich als sekundäre Kurven darstellen. Die Rechnung führte dann auf folgende Elemente des spektroskopischen Doppelsternes:

	Hauptkurve	Sekundäre Kurve
Scheinbare Periode (P′)	7.5946 Tage	3.80 Tage
Länge des Periastrums (ω)	70.0°	—
Exzentrizität (e)	0.320	0.0
Zeit des Periastrums nach dem Lichtmaximum (T)	6.20 Tage	—
Projektion der halben großen Achse der Bahn auf die Ebene der Gesichtslinie (a sin i)	1.930000 *km*	—
Projektion der Periastrumsdistanz auf dieselbe Ebene (q sin i)	1.310000 „	—
Projektion des Apastrums auf dieselbe Ebene (q′ sin i)	2.250000 „	—
Verhältnis der Massen	0.00499 „	—
Geschwindigkeit am Scheitel d. Kurve (A)	+21.6 „	+4.2 *km*
Geschwindigkeit im tiefsten Punkte der Kurve (B)	—17.4 „	—5.5 „
Geschwindigkeit des Schwerpunktes des Systemes (V)	—28.6 „	—

Die veränderlichen Sterne in den Haufen Messier 3 und Messier 5. Die Untersuchung des Lichtwechsels dieser Sterne ist auf der Harvardsternwarte nunmehr zu Ende geführt [1]) und hat zu Ergebnissen geführt, die nicht wesentlich von den früher mitgeteilten verschieden sind. Das Verhältnis der Veränderlichen zu den sämtlichen Sternen ist für den Sternhaufen Messier 3 gleich 1 : 7, und für Messier 5 wie 1 : 11, also das bemerkenswerteste, welches bis jetzt in einem Stern-

[1]) Harvard-Coll. Obs. Circular Nr. 100.

haufen entdeckt wurde. Von 129 Veränderlichen in dem Haufen Messier 3 sind bei 109 die Perioden des Lichtwechsels definitiv abgeleitet und in dem andern Sternhaufen bei 65 unter 87 Veränderlichen. Bemerkenswert ist in beiden Sternhaufen die Ähnlichkeit des Lichtwechsels der Veränderlichen. Mit Ausnahme von zwei Sternen haben alle andere Perioden, die wenig von 13^h abweichen. Die Beobachtungen oder photographischen Aufnahmen des Haufens Messier 5 umfassen einen Zeitraum von zwölf Jahren, die des andern Haufens einen solchen von sieben Jahren.

Entdeckung zahlreicher Veränderlichen im großen Orionnebel und in den Magelhanschen Wolken. Der große Nebel im Orion ist während des 19. Jahrhunderts Gegenstand eingehender Studien von seiten mehrerer mit mächtigen Fernrohren versehener Beobachter gewesen. Unter diesen sind die Arbeiten von Prof. G. P. Bond von der Harvardsternwarte unzweifelhaft die bedeutendsten. In seiner großen Arbeit, welche 1867 erschien, hat er auch mehrere Sterne dieses Nebels als veränderlich bezeichnet, doch ist von diesen nur der Stern T Orionis näher beobachtet worden. In den Jahren 1901 und 1903 hat Prof. Wolf in Heidelberg durch Untersuchung der von ihm aufgenommenen Photographien mittels des Sternkomparators eine Anzahl veränderliche Sterne in diesem Teile des Orion entdeckt, doch sind mehrere davon so lichtschwach, selbst im Maximum, daß sie nur auf wenigen photographischen Aufnahmen verfolgt werden können. Aus diesem Grunde hat Prof. Edward C. Pickering eine eingehende Prüfung der in der Sammlung des Harvardobservatoriums befindlichen Aufnahmen mit langen Exponierungen des Orionnebels veranlaßt, nachdem die erheblichen Kosten dieser Untersuchung 1903 durch eine Zahlung der Carnegieinstitution aufgebracht waren. In jenem Jahre waren nicht weniger als acht Personen mit Untersuchung der Photographien beschäftigt, im Jahre 1904 jedoch nur Miss Henrietta S. Leavitt. Letztere konnte die Veränderlichkeit von sechzehn der durch Prof. Wolf angezeigten Sterne bestätigen, fand auch noch einige neue dazu und machte es wahrscheinlich, daß auch Nebelflecke (ähnlich wie gewisse Sternhaufen) ein fruchtbares Feld für die Entdeckung veränderlicher Sterne sind. Bei den Untersuchungen wurde die Karte und der Katalog der Sterne des Orionnebels zugrunde gelegt, die G. P. Bond in seiner oben erwähnten Arbeit veröffentlicht hat. Diejenigen Sterne, welche hier nicht verzeichnet sind, wurden durch Schätzungen bezüglich ihrer Örter festgesetzt. Als Skala für die Sternhelligkeiten wurde eine solche angenommen, welche mit derjenigen von Prof. Wolf vergleichbar ist, und nach welcher der schwächste Stern, welcher sich auf Tafel 26 von Roberts photographischem Atlas der Nebel und Sternhaufen findet, als 14.8 Größe gilt. Der schwächste Stern auf Tafel 23 der Decennial-Publications der Yerkessternwarte hat

die Größe 15.5, und das Originalnegativ dieser Platte ist mit einem 24-zölligen Reflektor bei 60 Minuten Exponierung am 19. Oktober 1901 erhalten worden.

Prof. Pickering gibt [1]) als Resultat der Untersuchungen von Miss Leavitt ein Verzeichnis von 71 Veränderlichen im Orionnebel, darunter befinden sich auch sechzehn Veränderliche, die Prof. Wolf entdeckt hatte, ein Stern, dessen Veränderlichkeit Prof. Holden schon vermutet hatte, sowie ein Stern, den J. Schmidt schon für veränderlich hielt. In einem zweiten Verzeichnisse führt Prof. Edward Pickering noch 35 Sterne des Orionnebels auf, deren Veränderlichkeit wahrscheinlich ist. Die untersuchte Fläche erstreckt sich $2^m\ 42^s$ östlich und ebensoweit westlich, sowie 87′ nördlich und 91.5′ südlich von dem Sterne ϑ^1 Orionis und umfaßt 14 458 Quadratbogenminuten oder etwa vier Quadratgrade. Die Anzahl der auf dieser Fläche untersuchten Sterne beträgt ungefähr 3000. Die Verteilung der Sterne verrät ihre enge Verbindung mit dem großen Orionnebel selbst. Sie finden sich hauptsächlich auf einer schmalen Fläche, welche sich südwärts von c Orionis über ϑ und ι Orionis hin ausdehnt. Nördlich von — 4° 44′ Deklination wurde unter 900 untersuchten Sternen nur ein Veränderlicher gefunden. Innerhalb der Grenzen des übrigen Teiles von Bonds Karte wurde unter 550 Sternen auch nur ein Veränderlicher entdeckt. Die Flächen dieser drei Regionen umfassen 3524, 1417 und 2632 Quadratbogenminuten. In der noch übrigen Region von 6885 Quadratminuten fanden sich unter 1100 untersuchten Sternen 65 sicher und 20 wahrscheinlich Veränderliche.

In einer zweiten Publikation [2]) teilt Prof. Pickering weitere Ergebnisse der Untersuchungen von Miss Leavitt mit. Durch diese wurden noch acht Veränderliche entdeckt, von denen sechs außerhalb der Fläche stehen, die Bonds Karte umfaßt.

Ferner wurde die Umgebung von η Carinae auf sechs Platten studiert und darauf zehn neue Veränderliche außer dem bereits bekannten U Carinae entdeckt, jedoch keiner derselben im Nebel selbst stehend. Eine ähnliche Untersuchung der kleinen Magelhanschen Wolke ergab 57 Veränderliche, ausschließlich von drei, die in dem Sternhaufen 47 Tucanae stehen, der auf den gleichen Platten erscheint. Diese Veränderlichen bilden aber nach Prof. Pickerings Ansicht nur einen kleinen Teil der dort wirklich vorhandenen, da bloß zwei Platten verglichen wurden. Eine sorgfältige Untersuchung wurde dem sogenannten dreispaltigen Nebel (AR $17^h\ 56^m$ D — 23° 2′) im Schützen gewidmet. Auf einer Fläche von 30 Bogenminuten im Quadrate wurden alle Sterne auf zwei Platten geprüft, aber kein einziger Veränderlicher ge-

[1]) Harvard Observ. Circular Nr. 78.
[2]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 79.

funden. Eine ähnliche Untersuchung des Nebels N G K 2070 des sogenannten Lochnebels in der großen Magelhanschen Wolke ergab von 867 geprüften Sternen nur zwei als in geringem Grade veränderlich. In den übrigen Teilen der großen Wolke aber fanden sich auf den mit dem 24-zölligen Bruceteleskop erhaltenen Platten und Expositionen von 1 bis 5 Stunden zahlreiche Veränderliche, so daß die Gesamtzahl derselben gegenwärtig 152 beträgt. [1]) Die Helligkeit fast aller derselben verändert sich rasch. Die meisten davon stehen in Gruppen zusammen, fast die Hälfte von allen nahe in einer Linie, die sich von dem Nebel N G K 1850 bis zu N G K 2070 erstreckt, und sie sind durch besondere Lichtschwäche selbst im Maximum charakterisiert. Den stärksten Lichtwechsel zeigt ein Stern, der im Maximum 11.4, im Minimum 15.5 Größe ist, sonst bleiben die Helligkeitsschwankungen meist unter einer Größenklasse. Merkwürdig sind drei äußerst nahe beieinander stehende Sterne, die sämtlich, wenngleich nur um höchstens eine Größenklasse, veränderlich sind, und deren Lichtwechselperioden offenbar nur kurze sind. Ein anderer Veränderlicher scheint vom Algoltypus zu sein. Die genauere Untersuchung der Art und Weise des Lichtwechsels, die Bestimmung der Periodenlänge usw. ist eine sehr umfangreiche Arbeit, zu deren rascher Ausführung mehr Arbeitskräfte erforderlich sind, als dem Harvardobservatorium bei seinen sonst völlig in Anspruch genommenen Mitteln zu Gebote stehen.

843 neue veränderliche Sterne in der kleinen Magelhanschen Wolke. Anschließend an die frühere Mitteilung über Entdeckung von 57 neuen Veränderlichen in der kleinen Magelhanschen Wolke,[2]) berichtet Prof. E. Pickering,[3]) daß die sechzehn photographischen Aufnahmen zu Arequipa nach Eintreffen der Platten zu Cambridge von Miss Leavitt untersucht wurden und das überraschende Resultat ergaben, daß in der genannten Region Hunderte von veränderlichen Sternen vorhanden sind. Mit Einschluß der früher erwähnten 67 Veränderlichen ist die Gesamtzahl derselben jetzt auf 900 gestiegen, und außer diesen sind noch 64 andere Sterne der Veränderlichkeit verdächtig. Der Schätzung nach erreicht die Zahl der in der kleinen Wolke photographisch niedergelegten Sterne etwa 280 000, so daß von 308 derselben durchschnittlich e i n e r veränderlich ist. Die umgebende Region umfaßt etwa 40 000 Sterne, und von diesen zeigt sich durchschnittlich e i n e r unter 3300 veränderlich. Eine genaue Untersuchung über die Art und Weise des Lichtwechsels dieser Sterne ist begonnen worden.

Die Helligkeit des Veränderlichen η Argus ist auch im Jahre

[1]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 82.
[2]) Dieses Jahrbuch **15.** p. 61.
[3]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 96.

1905 von R. J. A. Innes beobachtet worden.[1]) Er findet im Mittel aus seinen Schätzungen während der Monate Mai und Juni, daß der Stern 7.7 Größe war, und daß überhaupt seit 1896 die Lichtänderungen desselben ganz unbedeutend gewesen sind, oder der Stern völlig unveränderlich blieb.

Spektrographische Beobachtungen einiger veränderlichen Sterne, hauptsächlich solcher des Algoltypus, hat Prof. Frost mit dem Brucespektrographen der Yerkessternwarte während des Jahres 1905 angestellt.[2]) Die mitgeteilten Ergebnisse sind nur vorläufige, doch zeigen die Messungen, daß die Veränderlichen R Canis majoris, Z Herculis und V Sagittae spektroskopische Doppelsterne sind, und daß ihre Geschwindigkeiten in der Richtung unserer Gesichtslinie sich so verändern, wie es nach der Phase ihres Lichtwechsels erwartet werden muß. Folgendes ist der wesentliche Inhalt der Mitteilungen von Prof. Frost:

R Canis majoris. Der Lichtwechsel dieses Sternes bewegt sich zwischen 5.9 und 6.7 Größe, und die Dauer der Periode beträgt $27^h\ 16^m$. Drei Aufnahmen im Januar, Februar und April ergaben durch Messung der Linienverschiebung im Spektrum, daß die Bewegung in der kreisförmigen Bahn etwa 27 *km* beträgt, und das ganze System sich mit einer Geschwindigkeit von 40 *km* in der Gesichtslinie der Erde nähert. Das Spektrum ist ein Mittelding zwischen den Vogelschen Typen Ia_2 und Ia_3, doch sind die Linien breiter.

Z Herculis. Dieser Stern ist im Maximum 7., im Minimum 8. Größe. Die Linienverschiebungen im Spektrum deuten auf eine Geschwindigkeit in der erwarteten Richtung, auch nähert sich das System der Erde, doch sind sämtliche Messungen etwas unsicher. Das Spektrum ähnelt demjenigen des vorhergenannten Sternes, doch sind die Linien sämtlich schwach. Mit Ausnahme der Andeutung einer Duplizität der Linie $H\gamma$ bei der Aufnahme am 28. August fehlt im Spektrum jede Spur des Begleiters.

U Sagittae. Die Helligkeit schwankt zwischen 6.5 und 9.1 Größe, und die Periode des Lichtwechsels beträgt $3^d\ 9^h\ 8^m$. Das Spektrum gehört zum Oriontypus. Zwei Aufnahmen ergaben Geschwindigkeiten von — 49 und + 69 *km* in der Sekunde. Von Linien, die dem Begleiter angehören könnten, ist in dem Spektrum nichts zu sehen.

U Ophiuchi. Von diesem bekannten Veränderlichen des Algoltypus sind fünf Spektrogramme erhalten worden. Das Spektrum ist das der Orionsterne, aber die Heliumlinien sind schwach, während

---

[1]) Monthly Notices 1905 **65**. Nr. 9. p. 872.
[2]) Astrophysical Journal 1905. **22**. p. 213.

die Wasserstofflinien und die Linie mit der Wellenlänge λ 4481 äußerst breit und verwaschen erscheinen, auch sind die Messungen auf den Platten sehr schwierig. Die Aufnahmen zeigen, daß das Spektrum zusammengesetzt ist aus zwei Spektren, und deutliche Verschiebungen der Linien stattfinden, doch müssen noch weitere Aufnahmen erfolgen, um bestimmte Zahlenangaben zu ermöglichen.

R X Herculis. Zwei Spektrogramme dieses Veränderlichen wurden erhalten, sie zeigen das wahrscheinliche Vorhandensein der Heliumlinien, doch sind diese sehr schwach. Die Linie λ 4481 erscheint auf der ersten Platte deutlich doppelt, auf der zweiten dagegen einfach. Weitere Aufnahmen sind erforderlich.

Y Cygni. Auch bei diesem Sterne sind noch weitere Aufnahmen notwendig, um sichere Ergebnisse zu erzielen.

R Coronae. Von diesem Veränderlichen wurde im Juli und August je eine Aufnahme des Spektrums erhalten. Sie ergaben eine radiale Geschwindigkeit von 13 *km* pro Sekunde, mit der sich der Stern entfernt. Er war damals ungefähr 7. Größe. Das Spektrum ähnelt demjenigen von α Persei.

Ein wahrscheinlich neuer Stern im Ophiuchus (R S Ophiuchi). Die sogenannten neuen Sterne können in manchen Fällen von Veränderlichen nur durch ihre Spektra unterschieden werden. Das gewöhnliche Verhalten einer Nova ist gekennzeichnet durch ihr plötzliches Sichtbarwerden an einem Punkte des Himmels, wo vordem kein Stern bekannt war, und ihre darauf folgende allmähliche Lichtabnahme, während gleichzeitig ihr Spektrum sich in dasjenige eines Gasnebels verwandelt. Indessen war der neue Stern, welcher 1866 im Sternbilde der Krone aufleuchtete, schon vorher als Sternchen 9. Größe in der Bonner Durchmusterung aufgeführt, und er ist heute noch als Stern 10. Größe sichtbar. Der neue Stern von 1901 (Nova Persei Nr. 2) war nach Ausweis der photographischen Aufnahmen schon früher schwach und veränderlich vorhanden, und die Nova von 1600 (P Cygni) ist noch als Stern 5. Größe sichtbar und zeigt keine merklichen Lichtschwankungen, während η Carinae als Stern 7. Größe erscheint, nachdem er große und unregelmäßige Helligkeitsschwankungen während fast eines Jahrhunderts erlitten hat. Aus den photographischen Aufnahmen des Draper-Memorial ergibt sich, daß die Spektra der Veränderlichen von langer Periode entweder dem dritten Typus, Klasse Md, angehören, in welchem eine oder mehrere der Wasserstofflinien $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ (aber nicht $H\varepsilon$) hell sind, oder dem vierten Typus, Klasse N. Die Spektra der hellen Novae sind sehr kompliziert, aber sobald diese Sterne lichtschwach werden, bleiben nur wenige oder auch nur eine helle Linie sichtbar.

Früher hat Madame Fleming nachgewiesen,[1]) daß der Stern R S Ophiuchi gemäß den photographischen Aufnahmen am 15. Juli 1898 ein Spektrum des dritten Typus zeigte, in welchem die Wasserstofflinien $H\zeta$, $H\varepsilon$, $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ hell waren, und außerdem zwei Linien, welche mit den hellen Banden der Wellenlänge λ 4656 und 4691 im Spektrum von γ Velorum übereinzustimmen schienen. Da diese Banden etwas breit und heller an einem als an dem andern Rande sind, so ist es unmöglich, ihre Wellenlängen genau anzugeben. Das Spektrum ist also sehr ähnlich demjenigen der Nova im Schützen und der Nova in den Zwillingen. Eine tags vorher (am 14. Juli) aufgenommene Photographie bestätigt die Sichtbarkeit der hellen Linien, während eine Photographie vom 28. August 1894 zeigt, daß damals keine Spur von hellen Linien vorhanden war, und das Spektrum zur Klasse K gehörte. Im Jahre 1899 bezeichnete deshalb Madame Fleming, nachdem sie das Spektrum zuerst untersucht, es als dasjenige einer wahrscheinlichen Nova. Nach einer genauen Feststellung der Helligkeit des Sternes seit 1888 aus den Harvardphotographien wies Miss Cannon darauf hin, daß der Stern 1898 eine beträchtliche Helligkeitszunahme während einiger Monate erlitten habe. Die durchschnittlichen jährlichen Helligkeiten desselben waren nach den erwähnten Harvardaufnahmen:

1888	10.86	Größe	1898	— —	Größe
1890	10.88	„	1899	10.56	„
1891	10.78	„	1900	9.67	„
1892	10.65	„	1901	9.82	„
1893	10.26	„	1902	9.97	„
1894	10.46	„	1902	10.28	„
1895	10.36	„	1904	10.24	„
1896	10.21	„	1905	9.78	„
1897	10.50	„			„

Die einzelnen Helligkeitsbestimmungen des Sternes im Jahre 1898 sind in der folgenden Tabelle gegeben:

1898	April	2	10.70	Größe	1898	August	15	9.27	Größe
	Mai	27	10.76	„		„	20	9.32	„
	„	31	10.81	„		Septbr.	7	10.00	„
	Juni	30	7.69	„		„	29	10.28	„
	Juli	14	8.26	„		Oktbr.	8	10.81	„
	„	15	8.22	„					

Aus diesen Angaben wird ersichtlich, daß der Stern vor 1891 10.9 Größe war, dann stufenweise etwa um eine halbe Größenklasse zunahm und so bis 1897 blieb. Im folgenden Jahre war er anfangs schwach 10.8 Größe bis zum 31. Mai; einen Monat später, Ende Juni, dagegen mehr als drei Größenklassen heller und nahm hierauf pro

[1]) Havard Coll. Obs. Circular Nr. 76.

Monat um etwa eine Größenklasse ab bis zum 8. Oktober, wo er wiederum auf die Größe 10.8 gesunken war. Im folgenden Jahre (1899) blieb er schwach (10.6 Größe), aber 1900 erreichte er im April die Größe 9.3 und nahm dann im September bis 10.0 Größe ab. Seitdem ist die Lichtänderung gering geblieben. Die besten Platten zeigen am Orte nur einen Stern. Sowohl das Spektrum als die Lichtkurve, sagt Prof. Edward Pickering, zeigen, daß dieses Objekt eher als Nova wie als veränderlicher Stern zu betrachten ist. Seine Bezeichnung wird daher sein: Nova Ophiuchi Nr. 3, da die neuen Sterne vor 1604 und 1848 in dem nämlichen Sternbilde erschienen sind.

Nova Aquilae Nr. 2 1905. Prof. E. Pickering teilte mit, [1]) daß Madame Fleming bei Untersuchung der photographischen Aufnahmen des Draper-Memorial in der Nähe von λ Aquilae einen neuen Stern auf der Platte fand. Der Ort der Nova ist (1900.0) A R = $18^h\ 59.9^m$, D — 4° 35′. Vor dem 18. August findet sich auf keiner photographischen Platte eine Spur des Sternes. Bemerkenswert ist, daß es die zweite Nova im Adler ist, die seit 1899 aufleuchtete, beide aber wären ohne die Hilfe der Photographie der Wahrnehmung entgangen. Prof. Pickering gibt eine Tabelle, in welcher die hauptsächlichsten Tatsachen enthalten sind, welche die Prüfung einer Anzahl photographischer Aufnahmen der Umgebung des neuen Sternes ergab. Die früheste Aufnahme datiert vom 22. Mai 1888 und zeigt am Orte der Nova keinen Stern, der die 12. Größe erreichte, das gleiche ergaben Aufnahmen 1890 und 1894, solche aus den Jahren 1896 und 1897 enthalten Sterne 13. bis 14. Größe, aber nichts am Orte der Nova, ebenso wenig zeigt sich dort etwas auf einer Aufnahme von 1903, welche Sterne 15.7 Größe enthält. Die Aufnahme vom 2. August 1905 zeigt, daß die Nova damals schwächer als 11.5 Größe gewesen sein muß, eine solche vom 10. August enthält Sterne 9.7 Größe, aber am Orte der Nova nichts. Dagegen erscheint letztere am 18. August in der Größe 9.07, am 21. in der Größe 9.3, am 26. 10.Größe, am 31. bereits 10.3 Größe. Die Lichtabnahme dauerte nun mit ganz geringen Schwankungen stetig fort: September 1 war der Stern 10.41 Größe, September 9. 10.8 Größe, September 22. bereits von der (photometrischen) Größe, 11.55. Nach allem muß die Nova zwischen dem 10. und 18. August erschienen sein, ein Zeitintervall, welches sich, wie Prof. Pickering hofft, nach Eintreffen der zu Arequipa aufgenommenen Platten verringern wird. Die August 18 aufgenommene Photographie des Spektrums der Nova zeigt die Wasserstofflinien $H\delta$, $H\gamma$, $H\beta$ hell und breit, außerdem Spuren von hellen Banden mit den Wellenlängen λ 4472 und 4646. Auf der Lick-sternwarte wurde das Spektrum am 6. und 10. September photo-

---

[1]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 106.

graphisch aufgenommen. Es zeigte sich ähnlich dem Spektrum der Nova Geminorum am 1. April 1903. Aufnahmen mit dem Crossleyreflektor zeigten trotz $2^1/_2$-stündiger Exponierung keine Spur von Nebligkeit um den Stern oder in dessen Nähe.

Die Dispersionsstreifen in den Spektren der Fixsterne. Prof. W. H. Julius hat vor einigen Jahren nachgewiesen, daß in einem Spektrum sowohl helle als dunkle Streifen auch durch anomale Dispersion der Lichtstrahlen hervorgerufen werden können, d. h. dadurch, daß gewisse Strahlenarten viel weiter als die übrigen von dem geraden Wege abgelenkt werden. Dies geschieht stets, wenn die Strahlen auf ihrem Wege Räume durchlaufen, in denen die Materie ungleichmäßig dicht oder aber verschiedenartig zusammengesetzt ist. Er unterscheidet deshalb neben den Emissions- und Absorptionslinien des Spektrums noch eine dritte Gruppe, welche er Dispersionsbanden nennt. Ihr Entstehen hat er für die Natriumlinie experimentell nachgewiesen. In neuester Zeit haben Untersuchungen von Ebert, Wood, Lummer und Pringsheim und Puccianti dargetan, daß die Fähigkeit, anomale Dispersion hervorzurufen, allen Metalldämpfen und auch andern absorbierenden Gasen zukommt.

Eine Verschiebung von Emissions- und Absorptionslinien erfolgt nach dem Ergebnisse der Untersuchungen von Humphreys und Mohler unter dem Einflusse hoher Drucke. Verdopplung und Vervielfältigung von Spektrallinien wird, wie Zeeman entdeckt hat, beobachtet, wenn der strahlende oder absorbierende Stoff sich in einem Magnetfelde befindet. In beiden Fällen verändert sich die Schwingungszeit der Elektronen. Die oben erwähnten Versuche beweisen, daß die Spektrallinien ähnliche Erscheinungen aufweisen können, infolge von Veränderlichkeit der Dispersionsbanden, welche man mit Unrecht als Emissions- oder Absorptionslinien angesehen hat. Da absorbierende Stoffmassen wohl niemals vollkommen homogen sind, müssen die Dispersionsbanden eine mehr oder weniger wichtige Rolle bei beinahe jeder Spektralerscheinung spielen. Viele Erscheinungen, die man an dem Spektrum des Lichtbogens und am Funkenspektrum bei starker Dampfentwicklung beobachtet hat, lassen sich von diesem Standpunkte aus ungezwungen erklären.

Prof. Julius behandelte nun die Frage, welche Rolle die erwähnten Dispersionsbanden nicht nur im Spektrum der verschiedenen Teile der Sonnenoberfläche, sondern auch in den Spektren veränderlicher Fixsterne spielen. [1])

„Es ist,“ sagt Prof. Julius, „sicherlich nicht zu gewagt, die Hypothese aufzustellen, daß viele Sterne eine Struktur besitzen, welche der der Sonne ähnelt. Große Unterschiede mögen ja wohl

---

[1]) Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam 1904. **7.** p. 134. 323. — Phys. Zeitschrift 1905. **6.** p. 239 ff. — Sirius 1905. p. 245.

in der Ausdehnung ihrer Gasmassen und im Grade der Verdichtung bestehen ebenso in ihrer mittlern Temperatur und vielleicht auch im Verhältnisse, in dem die verschiedenen Elemente in den Gemengen vertreten sind, aber wir sehen sie alle als unbegrenzte Gasmassen an, welche Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum aussenden, in dem nur äußerst feine wirkliche Absorptionslinien vorhanden sind. Die Verbreiterungen und Umkehrungen, die dunklen und hellen Banden, welche außerdem anzutreffen sind, und die in den Spektren veränderlicher Sterne häufig schnell sowohl ihr Äußeres, wie ihre Stellung wechseln, sind nach dieser Auffassung nicht der Absorption oder auswählenden Emission, sondern anomaler Dispersion zuzuschreiben.

Bei der Rotation eines Sternes um seine Achse dreht sich auch sein Strahlungsfeld mit. Die Ungleichmäßigkeiten der Stoffverteilung im Systeme seiner Diskontinuitätsflächen, längs derer die uns erreichenden Lichtstrahlen ihren Weg genommen haben, verraten sich im Spektrum des Sternes durch die wechselnde Intensität des Lichtes in der Nähe der wirklichen Absorptionslinien.

Die Literatur über Sternspektra nimmt nicht nur an Umfang, sondern wegen der Verbesserung der Hilfsmittel auch an Bedeutung schnell zu. An Material zur Prüfung unserer Hypothese fehlt es daher nicht. Bei der Durchsicht desselben gelangte ich zu der Überzeugung, daß das ungleichmäßige Strahlungsfeld in den meisten Fällen, in denen die Anwendung des Dopplerschen Prinzips zu sehr unbefriedigenden Ergebnissen führt, eine Aufklärung liefern kann.

Als Beispiele mögen die Sterne i Orionis, 57 Cygni, ϑ Orionis und einige andere genannt werden, die nach Frost und Adams[1]) sich alle in Nebelmassen befinden, und deren Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie nichtsdestoweniger periodische Veränderungen von 70, 90, 140 *km* pro Sekunde erfahren würden, trotz unserer physikalischen Begriffe hinsichtlich Widerstand bietender Mittel. Ferner kommt das Verhalten der spektroskopischen Doppelsterne o Persei, β Aurigae, ζ Ursae majoris[2]) in Betracht, in deren Spektren sich die Linien periodisch verdoppeln oder vervielfältigen, bei denen aber die Komponenten in so regelmäßiger Weise ihr Äußeres und ihre Stellung wechseln, daß keinerlei Bewegungen in der Gesichtslinie, die von den komplizierten Erscheinungen Rechenschaft ablegen könnten, denkbar sind.

Nicht weniger rätselhaft blieben noch immer die Erscheinungen im Spektrum und die Helligkeitsveränderungen der variablen Sterne von langer Periode, wie z. B. Mira Ceti, und der neuen Sterne (Nova Aurigae, Nova Persei, Nova Geminorum usw.), wie heftig man sich

---

[1]) Astrophysical Journal **18**. p. 386.

[2]) Vogel, Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. **13**. p. 1119; **14**. p. 497.

auch die Ausbrüche und Zusammenstöße vorstellen möchte, die sich auf diesen Himmelskörpern abspielen sollten.[1])

Die Lösung derartiger Probleme wird sehr vereinfacht, wenn man hierbei den Begriff des ungleichmäßigen Strahlungsfeldes benutzt.

An einem einzigen weiter ausgeführten Beispiele will ich dies noch erläutern.

Dieses Beispiel betrifft eine merkwürdige Entdeckung, die J. Hartmann[2]) im Spektrum von δ Orionis gemacht hat. Bei diesem Sterne hatte Deslandres im Jahre 1900 schnelle Veränderungen der Lage der Spektrallinien beobachtet und daraus geschlossen, daß man es mit einem Doppelsterne zu tun habe, dessen Umlaufszeit 1.92 Tage betrage. Die Beobachtungen von Hartmann stimmten mit dieser Periode nicht; deswegen unterzog Hartmann den Stern zwischen Januar 1901 und März 1903 einer ausführlichen spektrographischen Untersuchung und fand aus einer Reihe von 42 Aufnahmen folgendes:

Das Spektrum enthält hauptsächlich Linien von Wasserstoff und Helium, sowie auch einige von Silizium, Magnesium und Kalzium. Die Kalziumlinie λ 3934 (entsprechend der Linie K des Sonnenspektrums) ist sehr schwach, aber scharf; die übrigen Linien (etwa 20) sind verwaschen und matt und scheinen manchmal asymmetrisch oder sogar verdoppelt zu sein. Bei den Messungen wurde stets so vorsichtig wie möglich auf die dunkelsten Teile der unscharfen Linien eingestellt und gefunden, daß diese sich wirklich periodisch verschoben; aber wegen des unsymmetrischen Äußern vieler Linien konnte man keine Sicherheit darüber erhalten, ob die Verschiebung für alle Linien auf einer und derselben Platte auch den passenden Wert besaß. Aus den durchschnittlichen Verschiebungen berechnete man dann die wechselnde Geschwindigkeit in der Gesichtslinie und hieraus die Elemente der Bahn des Doppelsternes.

Ein rätselhafter Umstand, den die Messungen an den Tag brachten, war nun der, daß eine einzige Linie, und zwar die feine, scharfe Kalziumlinie λ 3934, nicht an den periodischen Verschiebungen teilnahm, sondern stets eine und dieselbe Verschiebung zeigte, die einer konstanten Geschwindigkeit von $+16$ *km* pro Sekunde in der Gesichtslinie (auf die Sonne reduziert) entsprach.

Hartmann verwarf den Gedanken, daß diese Linie auf Rechnung von Absorption in der Erdatmosphäre komme, und auch den, daß sie dem zweiten Sterne des Systems zuzuschreiben sei. Als einziges Mittel, um zu einer Erklärung zu gelangen, nimmt er das Vorhanden-

---

[1]) Sich an die Seeligersche Theorie der neuen Sterne anschließend, hat Ebert für den Grundtypus ihrer Spektra eine auf anomale Dispersion gegründete Erklärung gegeben. Astron. Nachr. Nr. 3917.

[2]) J. Hartmann, Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1904. p. 14. 527,

sein einer Wolke von Kalziumdampf an irgend einer Stelle des Raumes in der Linie an, die uns mit δ Orionis verbindet. Die Wolke würde sich dann von der Sonne mit einer Geschwindigkeit von 16 *km* pro Sekunde entfernen. Bei benachbarten Sternen hat sich aber ein Einfluß dieser Wolke nicht feststellen lassen. Hingegen bot das Spektrum der Nova Persei im Jahre 1901 genau dieselbe Erscheinung dar; die Linien des Wasserstoffes und anderer Elemente waren außerordentlich stark verbreitert und verschoben und änderten fortwährend ihr Aussehen; aber währenddessen blieben die Kalziumlinien λ 3934 und λ 3969 und auch die D-Linien stets vollkommen scharf und veränderten ihre Lage nicht; sie wiesen nur auf eine konstante Geschwindigkeit von +7 *km* pro Sekunde. Auch auf der Gesichtslinie der Nova Persei muß sich daher Hartmann zufolge, eine Wolke von Kalziumdampf, der hier mit Natriumdampf gemengt sein würde, befunden haben.

Man wird zugeben müssen, daß diese hypothetischen Wolken keinen befriedigenden Eindruck machen.

Wenn wir den Fall vom Standpunkte des ungleichmäßigen Strahlungsfeldes aus betrachten, so bietet sich unmittelbar eine ungezwungene Erklärung. Wir brauchen nur anzunehmen, daß in den äußersten Teilen von δ Orionis und der Nova Persei viel Wasserstoff und Helium und wenig Kalzium und Natrium vorhanden ist. Die Strömungen und Wirbel in der Gasmasse, die ebenso wie bei der Sonne die Ungleichmäßigkeiten im Strahlenfelde erzeugen, verursachen dann in der Umgebung der Wasserstoff- und Heliumlinien sehr breite Dispersionsbanden, deren dunkelste Teile sich periodisch hin- und herbewegen, wenn bei der Achsenrotation des Sternes Gasmassen von wechselnder Dichteverteilung längs unserer Gesichtslinie vorbeiziehen. Die Dispersionsbanden von Kalzium und Natrium sind hingegen (da diese Gase sich in sehr verdünntem Zustande befinden) so schmal, daß ihre Lage von denen der dazu gehörenden Absorptionslinien nicht zu unterscheiden ist. Die konstant bleibende Verschiebung dieser Linien beweist, daß δ Orionis sich mit einer Geschwindigkeit von 16 *km* und Nova Persei mit einer Geschwindigkeit von 7 *km* von der Sonne entfernt.

Nach unserer Auffassung braucht δ Orionis also kein spektroskopischer Doppelstern zu sein.

Es gibt viele Sterne, in deren Spektrum man periodische Verschiebungen und Verdopplungen nur bei unscharfen Linien beobachtet hat. In allen diesen Fällen ist es sehr wahrscheinlich, daß dasjenige, dessen Veränderung man beobachtet hat, Dispersionsbanden und nicht Absorptions- oder Emissionslinien waren. Zur Annahme einer veränderlichen Geschwindigkeit in der Gesichtslinie fehlt dann jeder Grund, und man kann solche Objekte aus der Liste der spektroskopischen Doppelsterne streichen.“

Doppelsterne auf der Licksternwarte neu entdeckt. W. J. Hussey veröffentlichte das 8. bis 10. Verzeichnis am Lickrefraktor von ihm entdeckter Doppelsterne.[1]) Die Gesamtzahl dieser von Hussey entdeckten und vermessenen Doppelsysteme steigt damit auf 1200.

Die Bahn des Doppelsternes γ Coronae ist von W. Doberck neu berechnet worden,[2]) wobei er die Beobachtungen von 1826 bis 1901 benutzte. Die erhaltenen Bahnelemente sind folgende:

☊ = 113° 30′	Umlaufsdauer	79.63 Jahre
λ = 254 55		
γ = 80 8	Periastrum	1839.60
e = 0.3589		
a = 0.598″		

Die Bahn des Doppelsternes ξ Scorpii. Es ist der Stern Σ 1998, und zwar der nähere Begleiter dieses dreifachen Systems. Er wurde von Aitken seit 1897 auf der Licksternwarte beobachtet, und gibt derselbe[3]) jetzt folgende verbesserte Elemente des Systems:

P = 44.5 Jahre
T = 1905.4
e = 0.767
a = 0.701
☊ = 20.40°
i = 29.10°

Die Bahn des Doppelsternes ζ Sagittarii hat W. Doberck aus den Beobachtungen von 1879 bis 1901 berechnet.[4]) Er findet die Umlaufsdauer des Begleiters = 21.62 Jahre, die halbe große Achse der Bahn = 0.576″, die Exzentrizität = 0.1919, Zeit des Periastrums 1899.86. Gegenwärtig beträgt der scheinbare Abstand des Begleiters von seinem Hauptsterne, d = 0.21″, der Positionswinkel p = 298.6°. Die Distanz wird sich in den nächsten fünf Jahren langsam vergrößern und 1908 etwa 0.5″ betragen.

Der Doppelstern 82, den Burnham 1875 entdeckte, ist seit 1897 auf der Licksternwarte beobachtet worden, und R. G. Aitken gibt jetzt[5]) folgende Bahnelemente desselben:

P = 24.0 Jahre	☊ = 110.8°
T = 1899.7	ω = 159.4°
e = 0.15	i = ± 76.65°
a = 0.66″	μ = + 15.00°

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 65. 74. 77. 81.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4041.
[3]) Lick Obs. Bulletin Nr. 80.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 3970.
[5]) Path. Astron. Soc. of Pacific 1905. Nr. 1011. p. 26.

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes ζ Tauri ist von Walter S. Adams berechnet worden.[1]) Schon 1903 hatten die spektrographischen Aufnahmen von Prof. Frost und Adams die veränderliche Eigenbewegung dieses Sternes und damit seinen Charakter als spektroskopischer Doppelstern erkennen lassen. Seitdem wurden noch weitere Aufnahmen erhalten, so daß der Berechner über 24 Platten verfügte, die zwischen 1902 Februar 12. und 1905 März 24 erhalten worden waren. Aus diesen fand sich, daß die Umlaufsdauer des Systems um den gemeinsamen Schwerpunkt 183 Tage beträgt, und die Gesamtgeschwindigkeit desselben in bezug auf die Sonne 16.4 *km*, um welche sich dasselbe von uns entfernt. Die halbe große Achse der Bahn beträgt mindestens 27900000 *km*, die Exzentrizität 0.180. Die Zeit des Periastrums fällt mit der Zeit der größten radialen Geschwindigkeit zusammen, woraus folgt, daß die große Achse der Bahn nahezu senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde steht.

Katalog der berechneten Bahnen sichtbarer Doppelsterne. Eine kritische Untersuchung der bisher berechneten Bahnen sichtbarer Doppelsterne hat Prof. N. G. Aitken ausgeführt[2]) und ist damit einem sehr lebhaft empfundenen Bedürfnisse entgegengekommen. Wo mehrere Bahnen berechnet sind, hat er durchgängig der letztberechneten den Vorzug gegeben, doch gibt es auch Fälle, in denen ohne große Willkür nicht ausgewählt werden kann. Die Bahnen wurden in zwei Listen verteilt, von denen die erste alle diejenigen enthält, welche offenbar beträchtliche Annäherungen an die Wirklichkeit darstellen, die zweite alle diejenigen, welche von geringem praktischen Werte sind. Von letztern in der ersten Tabelle bezeichnet: P die Umlaufsdauer in Jahren, T die mittlere Greenwicher Zeit des Durchganges durch das Periastrum, e die Exzentrizität, a die halbe große Achse der Bahn in Bogensekunden, ☊ den Positionswinkel der Schnittlinie der Bahnebene mit der rechtwinklig zur Gesichtslinie stehenden Ebene, ω die Winkeldistanz des Periastrums von ☊ gemessen längs der Bahn in der Bewegungsrichtung des Begleiters von 0° bis 360°, i die Neigung der Bahnebene, d. h. den Winkel zwischen dieser und der Ebene rechtwinklig zur Gesichtslinie. Der Wert von i liegt zwischen 0° und ± 90°, und i ist positiv, wenn die Bahnbewegung am Knotenpunkte (☊) vom Beobachter fortgerichtet ist, negativ, wenn sie auf den Beobachter hin gerichtet ist; M ist die mittlere jährliche Bewegung des Begleiters, gemessen in der Richtung seiner Bewegung.

---

1) Astrophysik. Journal 1905. **22**. p. 115.
2) Lick Obs. Bulletin Nr. 84.

	Stern	P	T	e	a	ω	☊	i	log μ
					″	°	°	°	
1	δ Equulei	5.70	1901.18	0.54	0.25	181.0	24.1	±74.5	1.80043
2	κ Pegasi	11.37	1897.37	0.40	0.29	106.1	109.2	77.5	1.50054
3	ε Hydrae	15.70	1901.10	0.685	0.24	264.7	109.5	54.5	1.36040
4	β 883	16.35	1890.42	0.48	0.24	155.0	69.7	28.5	1.34278
5	ζ Sag.	21.17	1900.37	0.185	0.565	1.4	75.5	69.4	1.23058
6	9 Argus	23.3	1892.7	0.68	0.61	73.6	95.6	76.6	1.18894
7	Ceti 82	24.00	1899.70	0.15	0.66	159.4	110.8	76.65	1.17609
8	42 Comae	25.56	1885.69	0.461	0.642	280.5	11.9	90.0	1.14884
9	85 Pegasi	25.70	1883.70	0.43	0.78	261.5	123.5	49.0	1.14637
10	β Delphini	27.66	1883.10	0.363	0.475	351.95	178.9	60.9	1.11445
11	20 Persei	27.7	1883.8	0.475	0.237	85.5	132.4	73.6	1.11382
12	Σ 3121	34.00	1878.30	0.33	0.669	127.52	28.52	75.0	1.02482
13	ζ Herc.	34.53	1898.42	0.457	1.355	112.58	54.06	47.82	1.01810
14	η Cor. bor.	41.51	1892.28	0.278	0.891	219.35	24.09	59.18	0.93815
15	ξ Scorpii	44.5	1905.4	0.767	0.701	352.6	20.4	29.1	0.90794
16	μ^1 Herc. BC.	45.39	1880.14	0.214	1.369	181.98	62.11	67.01	0.89934
17	β 416	45.90	1891.56	0.618	1.93	68.57	135.73	49.73	0.89449
18	Σ 2173	46.0	1869.50	0.20	1.143	322.2	153.7	80.75	0.89354
19	OΣ 269	48.4	1883.4	0.38	0.36	29.9	50.8	±71.2	0.87145
20	Sirius	48.84	1894.09	0.588	7.594	147.89	44.50	+46.03	0.86752
21	OΣ 298	52.0	1883.0	0.581	0.799	26.1	1.9	±60.9	0.84030
22	γ And. BC.	55.0	1892.0	0.82	0.346	201.2	113.5	76.6	0.81594
23	τ Cygni	57.25	1890.25	0.370	1.16	121.8	161.4	55.6	0.79852
24	ζ Cancri	59.11	1868.11	0.381	0.858	250.26	80.19	11.14	0.78464
25	ξ Urs. maj.	60.0	1875.22	0.397	2.508	126.33	100.8	55.92	0.77815
26	99 Herc.	64.52	1884.00	0.811	1.282	120.1	28.47	52.97	0.74661
27	OΣ 235	66.0	1906.72	0.50	0.83	131.0	85.3	45.6	0.73676
28	γ Cor. bor.	73.0	1841.0	0.482	0.736	97.95	110.7	82.63	0.69298
29	OΣ 234	77.0	1880.10	0.302	0.347	206.6	157.5	50.6	0.66981
30	OΣ 400	81.04	1888.23	0.46	0.47	7.0	157.1	59.9	0.64760
31	α Cent.	81.185	1875.715	0.529	17.71	52.02	25.10	79.36	0.64683
32	γ Cent.	88.0	1848.0	0.800	1.023	194.3	4.6	62.15	0.61182
33	70 Oph.	88.395	1896.466	0.500	4.548	198.25	125.7	58.42	0.60987
34	OΣ 387	90.0	1838.0	0.600	0.66	284.7	129.55	65.75	0.60206
35	OΣ 285	97.93	1883.56	0.595	0.34	262.86	186.50	0.	0.56538
36	Φ Urs. maj.	99.70	1882.46	0.438	0.32	342.15	Unbest.	14.62	0.55760
37	Σ 3062	104.61	1836.26	0.450	1.371	90.9	47.15	43.85	0.53673
38	ω Leonis	116.20	1842.10	0.537	0.882	124.22	146.70	63.47	0.49109
39	Σ 228	123.1	1905.19	0.309	0.899	4.87	90.68	66.00	0.46604
40	ξ Bootis	148.46	1908.95	0.545	4.988	33.72	175.40	41.87	0.38469
41	γ Cor. aus.	152.7	1876.80	0.420	2.453	180.2	72.3	34.0	0.37246
42	Σ 2	166.24	1890.87	0.40	0.55	316.1	154.9	70.2	0.33557
43	o^2 Erid.	180.03	1843.18	0.134	4.791	319.54	150.82	63.25	0.30096
44	25 Can. V.	184.0	1866.0	0.752	1.131	201.0	123.0	33.5	0.29148
45	Σ 2107	186.21	1893.33	0.387	1.0	104.05	186.3	45.86	0.28630
46	γ Virg.	194.0	1836.53	0.897	3.989	270.0	50.4	31.0	0.26850
47	55 Tauri	200.0	1896.9	0.76	0.85	83.7	87.5	57.9	0.25527
48	48 τ Oph.	230.0	1815.0	0.592	1.25	18.05	76.4	57.6	0.19457
49	Σ 1879	238.0	1868.3	0.700	1.06	151.40	74.10	57.6	0.17972
50	μ^2 Bootis	275.73	1864.59	0.601	1.482	338.09	175.07	45.67	0.11582
51	Σ 2525	306.7	1887.9	0.957	1.41	283.62	25.0	57.07	0.06959
52	η Cass.	327.87	1899.00	0.409	9.48	131.60	78.80	32.28	0.04060
53	Castor	346.82	1869.82	0.441	5.756	277.57	33.93	±63.62	0.01620

In einem zweiten Verzeichnisse faßt Prof. Aitken diejenigen Sterne zusammen, für welche nur wenig genaue Bestimmungen der scheinbaren Ellipse, die der Begleiter um den Hauptstern beschreibt, vorliegen. Aus diesen Tabellen folgt hier der wesentlichste Inhalt. Es bezeichnet darin a die halbe große und b die halbe kleine Achse der scheinbaren Bahn, p den Winkel der halben großen Achse, p′ den Winkel des Periastrums, d die Distanz des Sternes vom Zentrum, m und m′ die Helligkeiten des Hauptsternes in Sterngrößen, α und β die Rektaszension und Deklination des Hauptsternes.

Stern	a	b	p	p′	d	m m′	α	δ
	″	″	°	°	′		h m s	° ′
1 OΣ 535 . .	0.50	0.11	24.0	204.0	0.13	4.5— 5.0	21 0 37	+ 9 36
2 β 989 . . .	0.54	0.13	110.0	326.0	0.04	4.8— 5.3	21 40 7	+25 11
3 Schiap. . .	0.37	0.29	116.6	10.4	0.10	4.0— 6.0	8 41 29	+ 6 47
4 β 883 . . .	0.47	0.37	57.2	227.4	0.11	7.0— 7.0	4 45 40	+10 54
5 Winlock .	1.13	0.39	75.0	75.0	0.10	3.4— 3.6	18 56 15	—30 1
6 β 101 . . .	0.937	0.275	98.7	133.8	0.15	5.7— 6.3	7 47 09	—13 38
7 β 395 . . .	1.32	0.30	111.0	51.6	0.09	6.3— 6.4	0 32 12	—25 19
8 Σ 1728 . .	1.147	0.00	11.9	11.9	0.054	6.0— 6.0	13 5 7	+18 4
9 β 733 . . .	1.48	1.02	126.1	20.7	0.22	5.8—11.0	23 56 57	+26 33
10 β 151 . . .	0.96	0.41	178.4	175.0	0.17	4.6— 5.0	20 32 52	+14 15
11 β 524 . . .	0.42	0.13	131.5	58.0	0.03	5.6— 6.4	2 47 24	+37 56
12 Σ 3121 . .	1.318	0.349	27.4	189.6	0.142	7.2— 7.5	9 11 57	+29 0
13 Σ 2084 . .	2.46	1.77	61.3	292.3	0.45	3.1— 6.5	16 37 33	+31 47
14 Σ 1937 . .	1.76	0.89	25.6	226.9	0.21	5.5— 6.0	15 19 4	+30 39
15 Σ 1998 . .	1.464	0.802	11.0	13.5	0.561	5.0— 5.2	15 58 52	—11 6
16 A. C. 7 . .	2.74	1.04	62.2	242.9	0.29	10.0—10.1	17 42 33	+27 47
17 β 416 . . .	3.22	2.36	119.9	77.0	0.84	6.0— 8.0	17 12 9	—34 53
18 Σ 2173 . .	2.22	0.35	154.5	160.8	0.18	6.0— 6.4	17 25 15	— 0 59
19 OΣ 269 . .	0.71	0.22	52.1	61.3	0.12	6.5— 7.0	13 28 20	+35 25
20 A. GC. 1 . .	14.59	8.88	55.4	248.1	4.13	1.4—10.0	6 40 45	—16 35
21 OΣ 298 . .	1.546	0.656	186.9	15.3	0.427	7.0— 7.3	15 32 29	+40 8
22 OΣ 38 . .	0.66	0.10	110.1	288.4	0.27	5.0— 6.2	1 57 46	+41 51
23 A. G. C. 13	2.18	1.25	165.6	24.8	0.30	3.9—10.0	21 10 48	+37 37
24 Σ 1196 . .	1.69	1.58	15.3	190.3	0.32	5.5— 6.2	8 6 29	+17 57
25 Σ 1523 . .	4.76	2.70	104.6	318.0	0.75	4.0— 4.9	11 12 51	+32 6
26 A. C. 15 .	1.99	1.16	178.9	162.4	0.75	6.0—11.7	18 3 14	+30 33
27 OΣ 235 . .	1.55	1.05	75.2	228.7	0.35	6.0— 7.3	11 26 41	+61 38
28 Σ 1967 . .	1.30	0.175	111.3	329.6	0.068	4.2— 7.0	15 38 33	+26 37
29 OΣ 234 . .	0.695	0.437	158.0	355.2	0.098	7.0— 7.4	11 25 25	+41 50
30 OΣ 400 . .	0.93	0.42	155.9	153.5	0.21	7.2— 8.2	20 6 54	+43 39
31 Richaud .	32.2	6.1	26.9	38.4	5.92	0.1— 1.9	14 32 49	—60 25
32 h 5370 . .	2.10	0.58	0.1	177.8	0.794	3.2— 3.2	12 36 00	—48 25
33 Σ 2272 . .	9.00	4.17	122.9	295.8	2.198	4.1— 6.1	18 0 24	+ 2 31
34 OΣ 387 . .	1.08	0.53	133.7	309.6	0.19	7.2— 8.2	19 46 00	+35 4
35 OΣ 285 . .	0.68	0.54	82.9	262.9	0.20	7.1— 7.6	14 41 44	+42 48
36 OΣ 208 . .	0.64	0.56	172.8	169.2	0.14	5.0— 5.6	9 45 18	+54 32
37 Σ 3062 . .	2.526	1.984	45.7	138.4	0.446	6.9— 8.0	0 1 2	+57 53
38 Σ 1356 . .	1.576	0.738	141.1	293.4	0.317	6.2— 7.0	9 23 6	+ 9 30
39 Σ 228 . . .	1.80	0.70	90.9	92.7	0.28	6.7— 7.6	2 7 38	+47 1
40 Σ 1888 . .	9.62	6.46	163.6	149.0	2.53	4.7— 6.6	14 46 47	+19 31
41 h 5084 . .	4.906	3.661	72.2	252.1	1.033	5.1— 5.1	18 59 40	—37 12
42 Σ 2	1.10	0.18	152.7	173.0	0.17	6.3— 6.6	0 3 48	+79 10
43 Σ 518 . . .	9.54	4.28	151.1	171.8	0.52	9.2—10.9	4 10 45	— 7 49

Stern	a	b	p	p′	d	m m′	α	δ
	″	″	°	°	″		h m s	° ′
44 Σ 1768 . .	1.91	1.08	108.9	285.4	0.714	5.0— 8.5	13 33 1	+36 48
45 Σ 2107 . .	1.85	1.38	2.6	296.0	0.28	6.5— 8.0	16 47 53	+28 50
46 Σ 1670 . .	6.824	3.530	140.4	140.4	3.062	3.6— 3.6	12 36 36	— 0 54
47 OΣ 79. . .	1.12	0.89	99.6	165.8	0.35	7.0— 8.8	4 14 11	+16 17
48 Σ 2262 . .	2.46	1.09	80.0	85.8	0.712	5.0— 5.7	17 57 38	— 8 11
49 Σ 1879 . .	2.02	0.85	82.8	270.4	0.68	7.8— 8.8	14 41 23	—10 4
50 Σ 1938 . .	2.90	1.69	3.0	190.7	0.86	6.7— 7.3	15 20 44	+37 42
51 Σ 2525 . .	1.64	0.77	86.3	91.0	0.78	8.0— 8.2	19 22 30	+27 7
52 Σ 60	18.70	14.63	37.8	215.2	3.55	4.0— 7.6	0 43 3	+57 17
53 Σ 1110 . .	10.36	5.10	35.0	107.3	1.17	2.7— 3.7	7 28 13	+32 6

Stern		Umlaufz. i. Jahren	m m′	α	δ
		y		h m s	° ′
54 β 612		30.0	6.4— 6.5	13 34 39	+11 15
55 Schaeberle	Procyon	40.0	0.5—13.5	7 34 4	+ 5 29
56 h 4786	γ Lupi	83.0	3.7— 3.2	15 28 28	—40 50
57 OΣ 149.		85.9	6.5— 9.0	6 30 11	+27 22
58 OΣ 413	λ Cygni	93.4	5.0— 6.3	20 43 31	+36 7
59 A. C. 5	8 Sextantis . .	93.9	5.3— 5.6	9 47 33	— 7 38
60 OΣ 82		97.9	7.0— 9.0	4 17 4	+14 49
61 OΣ 215.		107.9	7.0— 7.2	10 10 49	+18 14
62 Δ 15		109.	8.4— 8.7	16 40 50	+43 40
63 Σ 2912		117.5	5.8— 7.2	22 24 55	+ 3 55
64 Σ 2729	4 Aquarii . . .	129.0	6.8— 8.1	20 46 8	— 6 00
65 OΣ 4		135.2	7.4— 8.1	0 11 30	+35 56
66 OΣ 20	66 Piscium . .	136.2	5.9— 7.0	0 49 17	+18 39
67 Σ 73	36 Androm. .	137.5	6.2— 6.8	0 49 36	+23 5
68 Σ 1216		174.7	7.5— 8.0	8 16 16	— 1 17
69 Σ 1536	ι Leonis	178.6	3.9— 7.1	11 18 43	+11 5
70 Σ 1639	68 Com. Ber. .	180.	6.7— 7.9	12 19 26	+26 8
71 OΣ 18		182.8	7.4— 9.5	0 37 14	+ 3 37
72 OΣ 98	14 Orionis . .	190.5	6.0— 6.8	5 2 26	+ 8 22
73 OΣ 489	π Cephei . . .	198.4	5.2— 7.0	23 4 43	+74 51
74 Σ 1785		199.2	7.6— 8.0	13 44 32	+27 29
75 OΣ 224		223.7	7.2— 9.2	10 34 28	+ 9 22
76 Σ 367		224.0	8.0— 8.0	3 8 54	+ 0 22
77 Σ 1687	35 Com. Ber. .	228.4	5.1— 7.8	12 48 22	+21 47
78 Σ 2055	λ Ophiuchi . .	233.9	4.0— 6.1	16 25 52	+ 2 12
79 Σ 1909	44 Bootis . . .	261.1	5.2— 6.1	15 0 30	+48 3
80 Σ 1757		276.9	7.8— 8.9	13 29 11	+ 0 12
81 Dunlop 5	p Eridani . . .	302.4	6.0— 6.1	1 35 59	—56 42
82 Σ 1819		340.1	7.9— 8.0	14 10 18	+ 3 36
83 Σ 2032	σ Cor. Ber. . .	370.0	5.0— 6.1	16 10 57	+34 7
84 Σ 2579	δ Cygni	376.6	3.0— 7.9	19 41 51	+44 53
85 Σ 1424	γ Leonis. . . .	407.0	2.0— 3.5	10 14 28	+20 21
86 Σ 186		407.6	7.2— 7.2	1 50 43	+ 1 21
87 Σ 948	12 Lyncis . . .	485.8	5.2— 6.1	6 37 24	+59 33
88 Σ 2026		522.0	8.6— 9.1	16 11 4	+ 7 37
89 Σ 2130	μ Draconis . .	648.0	5.9— 6.0	17 3 16	+54 36
90 Σ 2758	61 Cygni . . .	782.6	5.5— 6.3	21 2 25	+38 15
91 Σ 2909	ζ Aquarii . . .	1578.3	4.0— 4.1	22 23 41	— 0 32

Erster Katalog der spektroskopischen Doppelsterne. W. W. Campbell und Heber D. Curtis haben ein Verzeichnis der bis jetzt

aufgefundenen spektroskopischen Doppelsysteme zusammengestellt[1]) und mit folgenden erläuternden Bemerkungen versehen:

„Die Literatur über die Entdeckungen und Beobachtungen dieser Systeme ist sehr zerstreut; die Vorarbeiten zu den Beobachtungen mit dem Millsspektrographen haben uns indessen dazu geführt, die einzelnen Angaben zu sammeln und in eine Tabelle zu bringen. Es scheint nun die Zeit gekommen, daß deren Veröffentlichung, welche wir unter der Bezeichnung „Erster Katalog der spektroskopischen Doppelsterne" unternehmen, für manche Forscher auf diesem und verwandten Gebieten der Astronomie nützlich sein wird. Die Anordnung dieses Kataloges und sein Inhalt bedürfen einiger Erläuterungen.

Die in demselben bei den einzelnen Sternen angegebenen Rektaszensionen und Deklinationen sind dem Draperkatalog entnommen, die sichtbaren Helligkeiten (Größenklassen) der Sterne dem 45. Bande der Annalen des Harvardobservatoriums. Die Helligkeitsangaben der Sterne, die sich dort nicht fanden, wurden der Bonner Durchmusterung, und falls sie am südlichen Himmel stehen, der Uranometrie von Gould entnommen. Die Helligkeiten der veränderlichen Sterne sind dem 3. Teile des 48. Bandes der Annalen der Harvardsternwarte entlehnt. Wo drei Bezeichnungen des Spektraltypus eines Sternes angegeben sind, ist die erste diejenige des Draperkataloges, die zweite die der letzten Klassifikation des Harvardobservatoriums,[2]) die dritte diejenige, welche in Potsdam gebräuchlich ist.[3]) Ein Kreuz bedeutet, daß die Angaben noch beträchtlich unsicher sind. In Fällen, in welchen die Spektra beider Komponenten beobachtet sind, ist dies angegeben. Es ist wenigstens zurzeit noch nicht angebracht, die spektroskopischen Doppelsterne auf dieser Basis in zwei Gruppen zu trennen, da einzelne Sterne, die jetzt nur ein einziges Spektrum erkennen lassen, möglicherweise die Spektra beider Komponenten zeigen können. Streng genommen sind die folgenden sechs Sterne α_1 α_2 Geminorum, γ Leonis, γ Virginis, α Centauri, 61 Cygni und δ Equulei bis jetzt noch nicht als spektroskopische Doppelsterne beobachtet worden. Die Differenzen der radialen Geschwindigkeit ihrer Komponenten sind gemessen worden, aber diese Differenzen haben noch keine Veränderungen gezeigt. Indessen kann ihre Aufnahme in das Verzeichnis wohl nicht beanstandet werden. Für jeden am Fernrohre erkennbaren Doppelstern besteht die Möglichkeit, auch spektroskopisch als solcher durch den Spektrographen nachgewiesen zu werden, aber bei den gegenwärtigen Hilfsmitteln ist die Zahl der hierzu geeigneten Sterne für die nächste Zukunft beschränkt, daher diejenigen, welche nach dieser Richtung untersucht wurden, sehr wohl in das spektrographische Verzeichnis aufgenommen werden können.

[1]) Lick. Obs. Bulletin Nr. 79.
[2]) Annals **28**, Part. 1 und 2 und **45**.
[3]) Potsdamer Publikation **12**, 1. Teil.

Die Anzahl der spektroskopischen Doppelsterne, die auch in unsern mächtigsten Teleskopen nicht getrennt werden können, ist sehr groß. Von sieben mit dem Millsspektrographen untersuchten Sternen ergab sich durchschnittlich wenigstens einer als untrennbarer Doppelstern mit kurzer Umlaufsperiode. Für die Sterne des „Oriontypus", die speziell mit dem Brucespektrographen untersucht worden sind, ist das Verhältnis sogar 1 : 3.

Nur solche spektroskopische Doppelsterne sind bis jetzt aufgefunden worden, deren Umlaufsperioden verhältnismäßig kurz, und bei denen die Verschiedenheiten der radialen Geschwindigkeit beträchtlich sind. Die kleinste beobachtete Veränderlichkeit seiner Geschwindigkeit zeigt der Polarstern, nämlich 6 *km* in der Sekunde. Würde dieselbe nur 1 *km* betragen, so wäre sie ohne Zweifel der Wahrnehmung entgangen. Solche Differenz ist zwar mit unsern heutigen instrumentellen Mitteln nachweisbar, aber sie würde die Aufmerksamkeit eines Beobachters nicht auf sich gezogen haben, und die Entdeckung wäre einer spätern Zeit vorbehalten geblieben. Es ist wahrscheinlich, daß es mehr Doppelsysteme gibt, in denen die radiale Geschwindigkeit um weniger als 6 *km* variiert, als solche, bei denen sie größer ist; erstere bleiben also zukünftigen Entdeckungen aufbehalten. Da unsere Sonne von einer Anzahl Planeten umkreist wird, so muß die Geschwindigkeit, mit der sie sich durch den Weltraum bewegt, ebenfalls etwas veränderlich sein, da sie dabei um den gemeinsamen Schwerpunkt des Systems sich dreht. Indessen ist diese Bahn um den Schwerpunkt (der sich nie weit vom Sonnenzentrum entfernen kann) klein, und die entsprechende Geschwindigkeit erreicht nur etwa 0.03 *km* in der Sekunde. Ein im Weltraume befindlicher Beobachter, der über Instrumente verfügte, welche diese Geschwindigkeitsänderung zuverlässig zu messen gestatteten, würde hieraus allein den Schluß ziehen können, daß die Sonne von Planeten umkreist werde. Unsere irdischen Beobachter besitzen gegenwärtig nicht die Mittel, so geringe kosmische Geschwindigkeitsänderungen nachzuweisen. Da die Schärfe unserer Meßmethoden mit der Erfahrung zunehmen wird, so wird dementsprechend auch die Zahl der entdeckten spektroskopischen Doppelsterne beträchtlich wachsen. Wirklich scheint schon gegenwärtig der Schluß statthaft, daß die Sterne, welche keine dunklen Begleiter besitzen, zu den seltenen Ausnahmen zählen; ferner, daß die Wahrscheinlichkeit großer Begleiter bedeutender ist als kleiner, und endlich, daß die Einrichtung unseres Sonnensystems (in welchem der Zentralkörper ungeheuer an Masse überwiegt) zu den extremsten Typen gehört, keineswegs aber den Durchschnittstypus darstellt.

Die Zahl der mit unsern heutigen Mitteln nachweisbaren spektroskopischen Doppelsterne umfaßt sicherlich einen großen Teil der Sterne bis zur 8. photographischen Größenklasse. Letztere bezeichnet zurzeit die Grenze für erfolgverheißende Untersuchungen.

Man darf nämlich nicht vergessen, daß im Spektrum das Licht der Sterne über eine große Fläche ausgebreitet wird, so daß die Aufnahmen des Spektrums eines Sternes 9. Größe bei mäßiger Dispersion, vielleicht der photographischen Aufnahme eines Sternes 20. Größe mit unsern größten Reflektoren entspricht. Dann aber erfordert die genaue Ausmessung eines bei mäßiger Dispersion aufgenommenen Spektrums, daß das Bild von genügender Intensität und die Aufnahmeverhältnisse günstige waren. Die Astronomen Hussey und Aitken haben gefunden, daß unter den Sternen heller als 9. Größe im 36-zölligen Refraktor je einer von achtzehn als doppelt erkannt wird mit einem Abstande des Begleiters von weniger als 5″, und diese Zahl nimmt mit zu, wenn man zu immer schwächern Sternen übergeht. Der Spektrograph ist dagegen in bezug auf Darstellung von Doppelsystemen unabhängig von deren Entfernung von uns, vorausgesetzt, daß die Sterne Licht genug haben, um das Spektrum untersuchen zu können.

In keinem Falle ist es bis jetzt gelungen, einen spektroskopisch entdeckten Begleiter an einem unserer mächtigsten Teleskope direkt zu sehen. Der Abstand dieser Begleiter von ihrem Hauptsterne ist bei den meisten spektroskopischen Doppelsternen wahrscheinlich geringer als 0.01″. Bei wenigen Systemen konnten die Spektra beider Komponenten dargestellt werden. Daraus folgt jedoch nicht, daß der Begleiter dunkel ist, sondern nur, daß er wenigstens zwei photographische Größenklassen schwächer sein muß als der sichtbare Hauptstern. Ein Begleiter 4. Größe eines Hauptsternes 2. Größe würde schwerlich die Linien seines Spektrums im Spektrum des Hauptsternes ausdrücken. Daher könnten die jetzt unsichtbaren Begleiter mehrerer spektroskopischer Doppelsterne gar wohl augenfällige Sterne sein, wenn sie für sich allein vorhanden wären.

Es ist klar, daß zukünftige Kataloge der spektroskopischen Doppelsterne vielleicht Tausende derselben enthalten können. Daher ist es weder möglich, noch wünschenswert, die einzelnen Beobachtungsdaten mit aufzunehmen. Die zahlreichen leeren Räume in den Kolonnen des nachfolgenden Verzeichnisses, welche die Bahnelemente der spektroskopischen Doppelsterne umfassen, zeigen, wieviel noch in dieser Beziehung zu tun ist.“ In dem Originalkataloge werden die Spektraltypen der Sterne, ferner die Zeiten des Periastrums und literarische Nachweise aufgeführt. Diese sind in der nachfolgenden Wiedergabe des Kataloges fortgelassen. Die halbe große Achse der Bahn ist der geringste Wert, den sie haben kann; ist die Bahnebene gegen die Gesichtslinie geneigt, was aus den Beobachtungen nicht ermittelt werden kann, so sind die wahren Dimensionen entsprechend größer. Es bezeichnet ferner ω den Positionswinkel des Periastrums, und bei den Geschwindigkeitsangaben bedeutet —, daß sich das System uns nähert, +, daß es sich von uns entfernt.)

Nr.	Stern	R.A. 1900	Dekl. 1900	Größe Vis.	Größe Phot.	Periode	Exzentrizität	ω	Halbmesser der Bahn	Geschwindigkeit des Systems
		h m	° ′					° ′	*km*	*km*
1	α Andromedae	0 3.2	+28 33	2.3	2.8	100d †	groß	—	—	—
2	α Phoenicis	21.3	—42 51	2.4	2.6	lang	—	—	—	—
3	π Andromedae	31.5	+33 10	4.5	4.5	kurz	—	—	—	—
4	ξ Cassiopeiae	36.5	+49 58	4.9	4.9	kurz†	—	—	—	—
5	ν Andromedae	44.3	+40 32	4.4	4.7	„	—	—	—	—
6	η Andromedae	51.9	+22 52	4.6	5.4	—	—	—	—	—12
7	α Ursae Minoris	1 22.6	+88 46	2.1	4.4	3.9683d	0.2001	113 33.9	160400	var.
8	γ Phoenicis	24.0	—43 50	3.5	—	190d	—	—	—	—
9	φ Persei	37.4	+50 11	4.2	4.3	—	—	—	—	—
10	ζ Ceti	46.5	—10 50	4.0	4.9	mehr. Jahre	—	—	—	—
11	ξ Piscium	48.4	+ 2 42	4.9	5.4	lang	—	—	—	—
12	β Arietis	49.1	+20 19	2.7	3.7	—	—	—	—	—
13	g Persei	55.6	+54 1	5.0	—	—	—	—	—	—
14	ξ_1 Ceti	2 7.7	+ 8 23	4.6	5.1	—	—	—	—	—
15	δ Ceti	34.4	— 0 6	3.9	4.1	kurz	—	—	—	—
16	12 Persei	35.9	+39 46	5.0	5.3	„	—	—	—	—24
17	τ Persei	47.2	+52 22	4.1	4.9	lang†	—	—	—	—
18	β Persei	3 1.6	+40 34	2.1—3.2	—	2.87d	—	—	—	—
19	o Persei	38.0	+31 59	3.9	4.4	4.39d	klein	—	6640000	klein
20	20 Tauri (Maia)	39.9	+24 4	4.1	4.2	—	—	—	—	—
21	ε Persei	51.1	+39 43	2.9	3.8	—	—	—	—	—
22	λ Tauri	55.2	+12 13	3.3—4.2	—	3.91d	—	—	—	—
23	X Eridani	4 14.1	—34 2	3.6	—	kurz	—	—	—	—
24	ν Eridani	31.3	— 3 34	4.0	4.0	„	—	—	—	—
25	τ Tauri	36.2	+22 46	4.3	4.2	—	—	—	—	—
26	9 Camelopardalis	44.1	+66 10	4.4	4.7	—	—	—	—	—
27	π^4 Orionis	45.9	+ 5 26	3.7	4.0	—	—	—	—	—
28	π^5 Orionis	49.1	+ 2 17	3.9	4.0	kurz	—	—	—	—
29	ε Aurigae	54.8	+43 41	var.	irr.	mehr. Jahre.	—	—	—	—
30	α Aurigae	5 9.3	+45 54	0.2	—	104.022d	0.0164	117.3	36847900	+30.2
31	o Orionis	16.7	— 0 28	4.6	4.6	—	—	—	—	—
32	η Orionis	19.4	— 2 29	3.4	3.9	7.9896d	0.016	42 16	15901000	+35.5
33	ψ Orionis	21.6	+ 3 1	4.6	4.5	kurz	—	—	—	—
34	λ Aurigae	26.2	+32 8	4.7	5.0	—	—	—	—	—

		h m	° ′					° ′	km	km
35	δ Orionis	5 26.9	— 0 23	2.6	var.	5.7333d	0.103	33 18.9	7906600	+23.1
36	ϑ^1 Orionis	30.3	— 5 27	4.9	—	—	—	—	—	—
37	ϑ^2 Orionis	30.4	— 5 29	5.3	—	—	—	—	—	—
38	ι Orionis	30.5	— 5 59	2.8	3.4	—	—	—	—	—
39	ζ Tauri	31.7	+21 5	3.0	3.4	lang	—	—	—	—
40	a Doradus	32.7	—62 33	3.9	—	—	—	—	—	—
41	σ Orionis	33.7	— 2 39	3.7	4.0	kurz†	—	—	—	—
42	β Aurigae	52.2	+44 57	2.1	3.5	3.9597d	klein	—	—	—
43	ν Orionis	6 1.8	+14 47	4.2	4.6	—	—	—	—	—
44	ξ Orionis	6.2	+14 14	4.4	4.4	—	—	—	—	—
45	η Geminorum	8.8	+22 33	3.2—4.2	—	lang	—	—	—	—
46	δ Columbae	18.4	—33 23	4.0	3.8	lang†	—	—	—	—
47	γ Geminorum	31.9	+16 29	1.9	2.9	lang	—	—	—	—
48	S Monocerotis	35.5	+10 0	4.9—5.4	—	—	—	—	—	—
49	α Canis Majoris	40.7	—16 34	1.7	—	48.84 Jahre	0.5875	147 53.6	—	—7.4
50	ζ Geminorum	58.2	+20 43	3.8—4.3	—	10.154d	0.22	333	1797800	+6.8
51	γ Canis Minoris	7 22.8	+ 9 8	4.6	5.4	lang	—	—	—	—
52	σ Puppis	26.1	—43 6	3.3	—	—	—	—	—	—
53	α_1 Geminorum	28.2	+32 7	3.7	—	2.92835d	0.07	—	—	var.
54	α_2 Geminorum	28.2	+32 7	2.7	—	9.21883d	0.503	265.35	—	var.
55	α Geminorum	28.8	+32 7	—	—	347 Jahre	0.4409	33.93	a = 5.76″	—
56	σ Geminorum	37.0	+29 7	4.4	5.5	kurz	—	—	—	—
57	a Puppis	48.8	—40 19	3.9	—	—	—	—	—	—
58	V Puppis	55.3	—48 58	4.1—4.8	—	1.454d	—	—	—	—
59	ι Argus	8 3.3	—24 1	2.9	3.8	lang	—	—	—	—
60	η Hydrae	38.0	+ 3 46	4.4	4.2	kurz	—	—	—	—
61	ε Hydrae	41.5	+ 6 48	3.5	4.3	15.7 Jahre	0.685	264.7	a = 0.24″	—
62	w Velorum	56.3	—40 52	4.5 var.	—	—	—	—	—	—
63	α Volantis	9 0.9	—66 0	4.2	—	—	—	—	—	—
64	κ Cancri	2.4	+11 4	5.0	5.3	—	—	—	—	—
65	ο Leonis	35.8	+10 21	3.7	4.3	14.5d	—	—	—	—
66	l Carinae	42.5	—63 3	3.6—5.0	—	—	—	—	—	—
67	γ Leonis	10 14.4	+20 21	2.4	3.7	402.62	0.739	194.32	a = 2.00″	—38.4
68	p Velorum	33.2	—47 43	4.1	—	—	—	—	—	—
69	ω Ursae Majoris	48.2	+43 43	4.8	4.7	—	—	—	—	—
70	ξ Ursae Majoris Hellere Komponente	11 12.9	+32 6	3.9	4.7	—	—	—	—	—

Nr.	Stern	R.A. 1900		Dekl. 1900		Größe Vis.	Größe Phot.	Periode	Exzentrizität	ω	Halbmesser der Bahn	Geschwindigkeit des Systems
		h	m	°	′					°	km	km
71	93 Leonis	11	42.8	+20	46	4.5	4.8	—	—	—	—	—
72	γ Corvi	12	10.7	−16	59	2.7	3.3	kurz	—	—	—	—
73	η Virginis		14.8	−0	6	4.0	4.2	„	—	—	—	—
74	γ Virginis		36.6	−0	54	2.9	3.8	180 Jahre	0.898	93.92	a = 3.94″	−20.7
75	ε Ursae Majoris		49.6	+56	30	1.4	—	lang	—	—	—	—
76	ζ Ursae Majoris	13	19.9	+55	27	2.1	—	20.54d	—	—	—	—
77	α Virginis		19.9	−10	38	1.2	2.4	4.0	—	—	—	—
78	ζ Centauri		49.3	−46	47	2.8	—	8.024d	—	—	—	—
79	η Bootis		49.9	+18	54	2.8	3.8	lang	—	—	—	—
80	α Draconis	14	1.7	+64	51	3.6	4.0	—	—	—	—	—
81	d Bootis		5.9	+25	34	4.8	5.2	kurz	—	—	—	—
82	α Centauri		32.8	−60	25	{ 1.0 3.5	—	81.185d	0.52865	52.01	a = 17.71″	−21+
83	α Librae		45.4	−15	37	2.7	3.3	kurz	—	—	—	—
84	β Lupi		52.0	−42	44	2.8	—	—	—	—	—	—
85	δ Librae		55.6	−8	7	5.0—6.2	—	2.33d	—	—	—	—
86	ε Librae	15	18.8	−9	57	5.0	4.8	90d ±	—	—	—	—
87	α Coronae Borealis		30.4	+27	3	2.2	3.4	—	—	—	—	—
88	π Scorpii		52.8	−25	49	3.0	3.5	1.57d	—	—	—	—
89	β Scorpii		59.6	−19	32	2.7	3.0	6.88d ±	—	—	—	—
90	ϑ Draconis	16	0.1	+58	50	4.1	4.8	3.0708d	0.016	103.47	—	−8.4
91	σ Scorpii		15.1	−25	21	3.0	3.8	kurz	—	—	—	—
92	β Herculis		26.0	+21	42	2.9	4.2	410.58d	0.55	29.73	63560000	−25.5
93	ζ Herculis		37.5	+31	47	2.9	3.9	33.9 Jahre	0.560	101	a = 1.40″	—
94	μ^1 Scorpii		45.1	−37	53	3.1	—	1.45d	—	—	—	—
95	h Draconis		55.4	+65	17	4.9	5.3	—	—	—	—	—
96	ε Ursae Minoris		56.2	+82	12	4.4	4.9	kurz	—	—	—	—
97	ε Herculis		56.5	+31	4	3.8	3.9	„	—	—	—	—
98	u Herculis	17	13.6	+33	12	4.6—5.4	—	„	—	—	—	—
99	λ Scorpii		26.8	−37	2	1.4	—	5.6d ±	—	—	—	—
100	ξ Serpentis		31.8	−15	20	3.6	4.0	kurz	—	—	—	—
101	ω Draconis		37.5	+68	48	4.9	5.3	„	—	—	—	—
102	X Sagittarii		41.3	−27	48	4.4—5.4	—	7.01d	—	—	—	—
103	W Sagittarii		58.6	−29	35	4.3—5.1	—	7.5946d	0.32	70.0	1930000	−28.6

		h	m	°	′					° ′	km	km
104	μ Sagittarii	18	7.8	—21	5	4.0	4.2	—	—	—	—	—
105	Y Sagittarii		15.5	—18	55	5.4—6.2	—	5.7734d	0.3±	—	—	—
106	χ Draconis		22.8	+72	42	3.7	4.2	281.8d	0.423	119.0	62020000	+32.4
107	2 Scuti		36.8	— 9	9	4.6	4.9	—	—	—	—	—
108	ζ Lyrae, pr.		41.3	+37	30	4.2	4.7	—	—	—	—	—
109	β Scuti		41.8	— 4	51	4.5	4.8	lang†	—	—	—	—
110	β Lyrae		46.3	+33	15	3.4—4.1	—	12.908d	0.07	83	—	—15
111	κ Pavonis		46.6	—67	21	3.8—5.2	—	9.091d ?	—	—	—	—
112	δ′ Lyrae		50.2	+36	51	5.6	—	—	—	—	—	—
113	113 Herculis		50.5	+22	32	4.6	5.3	—	—	—	—	—
114	τ Sagittarii	19	0.7	—27	49	3.5	4.5	—	—	—	—	—
115	18 Aquilae		2.3	+10	55	5.1	4.7	—	—	—	—	—
116	υ Sagittarii		16.0	—16	8	4.4	5.2	—	—	—	—	—
117	δ Aquilae		20.5	+ 2	55	3.4	4.0	—	—	—	—	—
118	η Aquilae		47.4	+ 0	45	3.7—4.5	—	7.176d	0.489	68.91	—	—14.2
119	S Sagittae		51.5	+16	22	5.5—6.1	—	8.3832	—	—	—	—
120	θ Aquilae	20	6.2	— 1	7	3.4	3.6	17d ±	—	—	—	—
121	o¹(31) Cygni		10.5	+46	26	4.0	5.2	—	—	—	—	—
122	β Capricorni		15.4	—15	5	3.2	4.2	3.3 Jahre	—	—	—	—
123	71 Aquilae		33.2	— 1	27	4.6	5.4	lang†	—	—	—	—
124	T Vulpeculae		47.2	+27	52	5.5—6.2	—	4.4358d	—	—	—	—
125	57 Cygni		49.7	+44	0	4.6	4.7	kurz	—	—	—	—
126	61 Cygni	21	2.4	+38	15	5.3	6.2	sehr lang	—	—	—	—6.2
127	δ Equulei		9.6	+ 9	36	4.6	5.1	5.7 Jahre	0.46	—	a = 0.28″	—
128	α Equulei		10.8	+ 4	50	4.2	4.6	lang†	—	—	—	—
129	β Cephei		27.4	+70	7	3.4	3.8	einige Tage	—	—	—	—
130	ε Capricorni		31.5	—19	54	4.7	4.4	kurz	—	—	—	—
131	κ Pegasi		40.2	+25	11	4.3	5.0	6d+	—	—	—	var.?
132	ι Pegasi	22	2.3	+24	51	4.0	4.4	10.2131d	0.0085	251.81	6740000	—4.1
133	2 Lacertae		16.9	+46	2	4.7	4.6	—	—	—	—	—
134	δ Cephei		25.4	+57	54	3.7—4.6	—	5.367d	0.46	272	1300000	—18
135	6 Lacertae		26.1	+42	36	4.6	4.5	—	—	—	—	—
136	η Pegasi		38.3	+29	42	3.0	4.2	818.0d	0.1548	5.605	157800000	+4.3
137	o Andromedae		57.3	+41	47	3.5	3.9	—	—	—	—	—
138	π Cephei	23	4.7	+74	51	4.6	5.5	—	—	—	—	—
139	1 Hev. Cassiopeiae		25.4	+57	59	4.8	5.0	—	—	—	—	—
140	λ Andromedae		32.6	+45	56	3.9	5.0	20.5d	—	—	—	—

Folgende Zusätze, aus der Originaltabelle entnommen, mögen noch hier Platz finden.

Nr. 6. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 9. Das Spektrum zeigt helle Wasserstofflinien.
„ 16. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 22. „ „ „ „
„ 23. „ „ „ „
„ 29. Nach Ludendorf ein Veränderlicher des Algoltypus. Periode 27 Jahre.
„ 30. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 42. „ „ „ „
„ 45. Die Periode des Lichtwechsels beträgt 231.4 Tage.
„ 58. Beide Spektren sind sichtbar. Relative Geschwindigkeit 610 *km*. Roberts findet, daß der Begleiter mit dem Hauptsterne in Berührung sein muß.
„ 62. Die Helligkeitsperiode beträgt 35.523 Tage.
„ 63. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 64. „ „ „ „
„ 67. Sichtbarer Doppelstern. Gesamtmasse 6.5 Sonnenmassen nach Belopolsky.
„ 68. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 76. „ „ „ „
„ 78. „ „ „ „
„ 82. Sichtbarer Doppelstern. Nach Wright ist bei einer Parallaxe von 0.76" die Gesamtmasse des Systems = 1.9 Sonnenmassen.
„ 84. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 88. „ „ „ „
„ 93. Sichtbarer Doppelstern.
„ 94. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 98. Veränderlicher von unregelmäßiger Periode.
„ 110. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 111. Die Periode ist wahrscheinlich übereinstimmend mit der Periode des Lichtwechsels.
„ 116. Helle Heliumlinien im Spektrum.
„ 119. Die Periode ist übereinstimmend mit der des Lichtwechsels.
„ 124. Die Periode ist wahrscheinlich mit der des Lichtwechsels übereinstimmend.
„ 125. Beide Spektren sind sichtbar.
„ 126. Sichtbarer Doppelstern.
„ 127. Hussey findet die Gesamtmasse zu 1.89 Sonnenmassen und die Parallaxe 0.071".
„ 131. Ein dreifaches System, der sichtbare Begleiter hat elf Jahre Umlaufszeit.
„ 133. Beide Spektren sind sichtbar.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Der große Sternhaufen im Herkules (Messier 13) ist auf Grundlage einer photographischen Aufnahme am Yerkesrefraktor durch W. E. Plummer vermessen worden.[1] Die isochromatische Platte wurde von J. W. Ritchey am 15. August 1900 mit vier Stunden Expo-

---

[1]) Monthly Notices 1905. **65**, Nr. 8. p. 801.

sition erhalten. Die Ausmessung einer Kopie derselben erfolgte mit aller Sorgfalt, und muß bezüglich der Einzelheiten dieser auf das Original verwiesen werden. Im ganzen wurden 2131 Sterne vermessen auf einer Fläche von elf Quadratminuten. Eine Hauptbedeutung der Arbeit von Plummer besteht in dem Vergleiche der gemessenen Sternpositionen innerhalb des Haufens mit denjenigen, welche Prof. Scheiner in seiner Abhandlung „Der große Sternhaufen im Herkules-Messier 13 nach Aufnahmen am Potsdamer photographischen Refraktor, Berlin 1892" gegeben hat. Diese Vergleichung der Sternpositionen im einzelnen und nach Gruppen ergab eine sehr befriedigende Übereinstimmung und führte zu der Überzeugung, daß in dem Zeitraume zwischen den Aufnahmen in Potsdam und denjenigen am Yerkesrefraktor keiner der vermessenen Sterne des Haufens seine Stellung merklich verändert hat. Plummer hat auch die Verteilung der Sterne in dem Haufen nach ihrer Helligkeit und Häufigkeit untersucht, doch ohne zu definitiven Ergebnissen zu kommen.

Der wahrscheinliche Ursprung des Nebels um die Nova Persei 1901 ist von Charles Nordman auf Grund des vorhandenen photographischen und spektrographischen Materials kritisch untersucht worden.[1]) Er weist darauf hin, daß gelegentlich der (ihrem Wesen nach noch unbekannten) Katastrophe, die zu dem plötzlichen Aufleuchten der Nova im Perseus führte, unzweifelhaft, ähnlich wie bei den Eruptionen auf der Sonne, plötzliche Störungen des elektrischen Gleichgewichtes stattfanden, gefolgt von elektrischen Entladungen, von deren Heftigkeit wir uns keine Vorstellung machen können. Die Hertzschen elektrischen Wellen, welche bei diesen Entladungen von der Nova rings in den Raum ausstrahlten, mußten dabei folgende Erscheinungen verursachen: Dort wo diese Wellen auf (gasförmige) Streifen der Nebelmaterie im Raume trafen, mußten sie gemäß ihrem bekannten Verhalten diese erleuchten, und zwar um so intensiver, je näher sich dieselben bei der Nova befanden, und anderseits je mehr der dort herrschende Druck dem von J. J. Thomson nachgewiesenen kritischen Drucke nahe kommt, welcher dem Maximum der Erleuchtung entspricht. Daraus ergibt sich nach Nordman:

1. Wie auch die Verteilung der Nebelmaterie in der Nachbarschaft der Nova beschaffen sein mochte, so mußten, da die Ausbreitung der Hertzschen elektrischen Wellen mit Lichtgeschwindigkeit von der Nova aus erfolgte, die gesamten sukzessive erleuchteten Regionen um diese Nova eine Reihe von Ringen zu bilden scheinen, von denen jeder sich mit der gleichen Geschwindigkeit des Lichtes fortbewegte. Die scheinbaren Geschwindigkeiten dieser Ausbreitung

---

[1]) Sirius 1905. p. 255.

mußten natürlich verschieden sich darstellen, je nachdem die erregenden elektrischen Wellen mehr oder weniger schräg zu unserer Gesichtslinie ausgingen. Auf diese Weise erklärt sich das Vorhandensein der beiden leuchtenden Hauptzonen, von denen die eine sich mit größerer Geschwindigkeit ausdehnte als die andere. Die wirklichen Geschwindigkeiten derselben waren gleich, der Unterschied nur scheinbar und durch die Projektionen derselben auf das Himmelsgewölbe bedingt.

2. Die nahezu ringförmige Gestalt der erleuchteten Zone war nur scheinbar, in Wirklichkeit muß dieselbe eine sehr unregelmäßige Struktur besessen haben, die von ihrer Orientierung um den Stern und gleichzeitig der Verteilung von Verdichtungen innerhalb desselben abhing. So erschienen die Regionen, in welchen die Dichtigkeit des Nebels nahe bei dem kritischen Punkte lag, in dem leuchtenden Ringe als besonders helle Knoten.

3. Im allgemeinen mußte die Helligkeit des Nebels mit der Zeit abnehmen, in dem Maße als die elektrischen Wellen, indem sie sich von der Nova entfernten, ihre Intensität verminderten. In gewissen Richtungen um die Nova trafen diese Wellen erst in großer Entfernung auf gasförmige Nebelmaterie, die sich nahe beim kritischen Punkte des Druckes befand, und daher kam es, daß in gewissen Richtungen ziemlich weit von der Nova neue leuchtende und sehr glänzende Kondensationen erschienen.

4. Da die leuchtenden Kondensationen denjenigen Regionen der Nebelmaterie entsprechen, in welchen der kritische Druck herrschte, diese Regionen aber mit Bezug auf die Nova in den verschiedensten Richtungen liegen, so mußte die scheinbare Ortsveränderung dieser hellen Nebelknoten in verschiedenen Richtungen erfolgen, also keineswegs immer radial zu der Nova. Im Falle, in welchem eine gasförmige Masse sich in solcher Lage befand, daß ihre entferntesten Teile in der Projektion scheinbar der Nova näher sich darstellten als die wirklich nächsten, mußten auch die leuchtenden Kondensationen sich der Nova zu nähern scheinen.

5. Da das von diesen Kondensationen ausgesandte Licht eigenes Licht war, keineswegs aber reflektiertes, so konnten dieselben natürlich keine Polarisation zeigen.

Untersuchungen der Spektra heller Gasnebel auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam. Daselbst haben die Professoren Dr. J. Scheiner und Dr. J. Wilsing in den Jahren 1901 bis 1903 mit einem von Geh. Rat Vogel angegebenen und von O. Toepfer ausgeführten Spektralapparate, der an dem großen Refraktor angebracht wurde, Untersuchungen an mehrern hellen Gasnebeln ausgeführt.[1]) Diese Untersuchungen erstreckten sich auf die Messungen

[1]) Publik. des Astrophys. Observ. zu Potsdam 1905. Nr. 47.

der Linienverschiebungen in den Spektren jener Sterne, um daraus den in die Gesichtslinie zur Erde fallenden Teil der Bewegungsgeschwindigkeit jener Nebelflecke oder deren sogen. Radialgeschwindigkeit zu ermitteln, und ferner um das Helligkeitsverhältnis der drei Hauptlinien im Spektrum der Gasnebel festzustellen. Um letztere Beobachtungen auszuführen, war der Apparat mit einer photometrischen Einrichtung versehen worden, die ihn in ein Spektralphotometer umgestaltete.

Was zunächst die Bestimmung des Helligkeitsverhältnisses der drei Hauptlinien im Spektrum der Nebelflecke anbelangt, so wurden schon früher von verschiedenen Seiten Schätzungen derselben unternommen, aber keine eigentlichen Messungen. Solche Schätzungen sind indessen beträchtlich unsicher, weil diese Linien nicht nur in der Farbe verschieden, sondern auch äußerst schwach sind. Die drei Hauptlinien im Spektrum der Nebelflecke haben folgende Wellenlängen $\lambda = 5007$, 4959 und 4860. Die letztere ist die Wasserstofflinie $H\beta$, die beiden andern gehören dagegen einem unbekannten Stoffe an. Die erste Linie ist in allen Nebelfleckspektren die hellste, bezüglich der relativen Helligkeiten der beiden andern lauten die Angaben verschieden. Nach Keelers Schätzungen ist in allen Nebelspektren das Verhältnis der ersten zur zweiten Linie unveränderlich, während die dritte sich sehr verschieden verhält. Diese Angabe wird nun durch die Messungen der beiden Astrophysiker zu Potsdam an neun Nebelflecken durchaus bestätigt. „Es ist," sagen sie, „genau dasselbe Ergebnis, zu dem Keeler auf Grund von Helligkeitsschätzungen bereits gekommen war, und welches nunmehr durch unsere Messungen bestätigt worden ist. Wir machen darauf aufmerksam, daß dieses Resultat der Ansicht günstig ist, daß die erste und die zweite Nebellinie dem gleichen, vorläufig noch unbekannten Stoffe angehören, und daß der Wasserstoff in den verschiedenen Nebeln nicht unter den gleichen physikalischen Bedingungen (relative Menge?) leuchtet. Der schon mehrfach, neuerdings von Belopolsky ausgesprochenen Ansicht, daß die erste und die zweite Nebellinie einem modifizierten Wasserstoffspektrum angehören, ist unser Resultat weniger günstig, ohne ihr indessen zu widersprechen."

Im zweiten Teile ihrer Arbeit geben die Verfasser zunächst eine Übersicht über die bisherigen Versuche die Radialbewegung von Nebelflecken zu ermitteln. „Der erste," sagen sie, „welcher der Frage der Nebelbewegungen näher trat, war Huggins, der sich mehrfach der Aufgabe unterzogen hat, die Position der Hauptnebellinie, besonders im Orionnebel, mit möglichster Genauigkeit fest zulegen. In bezug auf den Orionnebel kam Huggins[1]) zu dem Schlusse, daß in Rücksicht auf die Erdbewegung der Nebel sich

[1]) Philos. Trans. 1868.

nicht mit größerer Geschwindigkeit als 10 engl. Meilen von uns weg oder 20 bis 25 Meilen auf uns zu bewegen könne. 1874 gab er als Resultat[1]) aus seinen Beobachtungen an sieben Gasnebeln an, daß er in keinem Falle eine Änderung der relativen Position der Nebellinie gegenüber der benachbarten Bleilinie, die als Vergleichslinie diente, habe entdecken können.

Vogel[2]) schloß aus seinen 1871 in Bothkamp angestellten Beobachtungen auf eine Bewegung des Orionnebels von + 27 *km*.

Schließlich sind noch die Beobachtungen Maunders in Greenwich zu erwähnen, der in bezug auf den Orionnebel zu dem negativen Resultate kam, daß dieser Nebel, wenn überhaupt, nur eine geringe Bewegung besitzen könne.

Im Jahre 1890 hat Keeler[3]) seine grundlegenden Beobachtungen über diesen Gegenstand begonnen. Dieselben wurden angeregt durch Huggins, der seine Untersuchungen über die Nebelspektra wiederholt hatte, um die Behauptung Lockyers zu widerlegen, daß die Hauptnebellinie mit der Kante eines Magnesiumbandes identisch sei.

Das in Verbindung mit dem großen Refraktor der Licksternwarte benutzte Spektroskop war mit einem Rowlandschen Gitter von 14438 Linien auf den Zoll versehen, von welchem die dritte und die vierte Ordnung benutzt wurde. Die Beobachtungsmethode war die folgende: das Bild des zu untersuchenden Nebels wurde auf den Spalt gebracht und die Höhe des letztern so verkürzt, daß er genau durch den Nebel ausgefüllt wurde. Nunmehr erfolgte eine Einstellung auf die Nebellinie und die Ablesung der Schraube des Mikrometers. Dann wurde ein total reflektierendes Prisma vor den Spalt gesetzt und auf die zum Vergleiche gewählte Linie einer irdischen Lichtquelle eingestellt; und so wurde abwechselnd mehrmals verfahren.

Als Vergleichslinie für die Hauptnebellinie wurde anfangs die brechbarere Kante des Magnesiumbandes und die Bleilinie bei λ 5006 benutzt, später nur die letztere; für die zweite Nebellinie kam die Eisendoppellinie λ 4958 allein zur Verwendung, und die dritte Nebellinie wurde mit der Hβ-Linie einer Wasserstoffröhre verglichen.

Das Verfahren Keelers zur Ermittlung der Geschwindigkeitskomponenten der verschiedenen Nebel war das folgende. Zunächst konnte die Geschwindigkeit für den Orionnebel und den hellen planetarischen Nebel G. C. 4390 durch die direkte Vergleichung der Hβ-Linie ermittelt werden, und um diese Beträge wurden die für die beiden Nebel gefundenen Wellenlängen der ersten Nebellinie korri-

---

1) Proceed. Roy. Soc. **16**.

2) Astron. Nachr. **82**.

3) Publ. of the Lick Obs. III. Part IV. 1894.

giert. Die Differenzen der Wellenlängen der Linien der übrigen Nebel gegen die so bestimmten absoluten Wellenlängen lieferten dann die Geschwindigkeiten.

Für den Orionnebel erhielt Keeler als mittlere Wellenlänge der Hauptnebellinie (korrigiert wegen Erdbewegung) λ 5007.34. Die Beobachtung der Hβ-Linie ergab für die Geschwindigkeit des Orionnebels + 0.29, mithin ist die absolute Wellenlänge λ 5007.05. Die entsprechenden Zahlen für den Nebel G. C. 4390 sind λ 5006.89 + 0.18 = 5007.07. Im Mittel ist demnach die absolute Wellenlänge der ersten Linie λ 5007.06, bezogen auf das Rowlandsche System der Preliminary Tables.

Die hiernach von Keeler gefundenen Werte der Geschwindigkeitskomponenten (nur für die auch von den Beobachtern in Potsdam gemessenen neun Nebel) betragen in Kilometern:

Nebel	Geschwindigkeit	Mittlerer Fehler
Orionnebel	+17.7	±1.3
G. C. 4234	—34.3	±2.1
G. C. 4373	—64.7	±2.9
G. C. 4390	— 9.7	±1.9
N. G. C. 6790	+48.4	—
G. C. 4514	— 5.3	±2.4
N. G. C. 6891	+40.7	±6.4
N. G. C. 7027	—10.1	±1.9
G. C. 4964	—11.7	±4.8

Von den drei hellsten Nebeln G. C. 4390, G. C. 4373 und N. G. C. 7027 hat Hartmann[1]) die Geschwindigkeitskomponenten auf photographischem Wege ermittelt. Aus den Messungen der Hβ- und der Hγ-Linie wurde für den Nebel G. C. 4390 diese Komponente direkt abgeleitet zu —0.25. Die hiernach korrigierte Wellenlänge für die erste Hauptnebellinie resultierte zu 5007.04 in guter Übereinstimmung mit dem Keelerschen Werte. Die schließlich erhaltenen Geschwindigkeitskomponenten sind:

Nebel	Geschwindigkeit
G. C. 4390	—10.5 *km*
G. C. 4373	—65.8 „
N. G. C. 7027	+ 4.9 „

Speziell über die Bewegung des Orionnebels hat H. C. Vogel[1]) nach spektroskopischen Aufnahmen von Eberhard Untersuchungen angestellt, wobei sich als Geschwindigkeitskomponente für die hellste Gegend des Orionnebels + 17.9 *km* ergeben hat.

Die jüngste Untersuchung über diesen Gegenstand ist von Wright[2]) angestellt worden, und zwar ebenfalls auf spektrographischem Wege. Die Messungen beziehen sich auf eine größere Zahl von Linien, von denen die Wasserstofflinien zur Bestimmung der

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss.. 1902 März.
[2]) Astrophys. Journal **16**.

Geschwindigkeitskomponenten benutzt wurden. Als solche fand Wright:

Nebel	Geschwindigkeit
G. C. 4390	—11 *km*
G. C. 4964	— 7 „
N. G. C. 7027	+ 6 „
Orionnebel	+17 „

Die Beobachter Prof. Scheiner und Prof. Wilsing hatten ursprünglich beabsichtigt, alle vierzehn Nebel zu untersuchen, für welche Keeler auf der Licksternwarte die radialen Geschwindigkeiten bestimmt hatte. Indessen mußten sie mehrere, die für Potsdam zu tief am Horizonte bleiben, ausschließen, auch erwiesen sich die Luftverhältnisse in Potsdam wesentlich ungünstiger als diejenigen, unter denen die Licksternwarte arbeitet. Die Untersuchungen zur Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten mußten sich auf Vergleichung der Position der Linie λ 5007 mit einer benachbarten Eisenlinie beschränken. Dabei waren die Messungen außerordentlich schwierig und anstrengend, indem bei den schwachen Nebeln selbst die Hauptlinie nur unter besondern Schonungsmaßregeln für die Augen zu sehen war. Auf die Einzelheiten des Beobachtungsverfahrens und das Detail der Messungen ist hier nicht einzugehen, dagegen müssen die Ergebnisse für die Geschwindigkeiten der neun untersuchten Nebel mitgeteilt werden. Die Nebelflecke sind durch ihre Nummern im Generalkatalog (G. C.) und im neuen Generalkatalog (N. G. C.) bezeichnet und die Geschwindigkeiten in Kilometern pro Sekunde angegeben, wobei das Vorzeichen — bedeutet, daß der Nebel sich der Sonne nähert, +, daß er sich entfernt. Die nachstehende Tabelle gibt die von Scheiner und Wilsing erhaltenen Resultate und daneben zum Vergleiche auch diejenigen, welche andere Astronomen für einzelne dieser Nebelflecke erhielten. Es kommen hierbei für die sämtlichen von Scheiner und Wilsing beobachteten Nebel nur diejenigen von Keeler (K.) in Frage, für die hellern Nebel die Beobachtungen von Hartmann (H.) und Wright (Wr.), sowie speziell für den Orionnebel diejenigen von Vogel und Eberhard (V. und E.), Frost und Adams[1]) (F. und A.), die alle mit Ausnahme der von Keeler auf photographischem Wege erhalten worden sind.

Nebel	W. u. S.	K.	H.	Wr.	V. u. E.	F. u. A.
G. C. 4234	—32	—34	—	—	—	—
G. C. 4373	—64	—65	—66	—	—	—
G. C. 4390	— 7	—10	—11	—11	—	—
N. G. C. 6790	+40	+48	—	—	—	—
G. C. 4514	0	— 5	—	—	—	—
N. G. C. 6891	+40	+41	—	—	—	—
N. G. C. 7027	+17	+10	+ 5	+12	—	—
G. C. 4964	— 5	—11	—	— 7	—	—
Orionnebel	+15	+18	—	+16	+17	+18.5

[1]) Astrophys. Journal **19**.

„Bei einer durchschnittlichen Abweichung von 4 *km* zwischen den Beobachtungen eines Nebels von Keeler und uns“, sagen die Beobachter, „beträgt das Mittel aller Differenzen nur + 1.3 *km*. Der stärkste Unterschied, 8 *km*, kommt bei N. G. C. 6790 vor, einem sehr schwierigen Objekte, für welches Keeler überhaupt keinen wahrscheinlichen Fehler angegeben hat, da nur drei Beobachtungen vorliegen. Auffallend ist dagegen der verhältnismäßig große Unterschied zwischen uns und Keeler bei dem sehr hellen Nebel N. G. C. 7027, der außerhalb unserer mittlern Fehler liegt. Der Hartmannsche Wert, allerdings nur auf einer Aufnahme beruhend, weicht stark nach der entgegengesetzten Seite ab. In allen übrigen Fällen dürfte die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Beobachtern als eine sehr befriedigende zu bezeichnen sein.“

Gestützt auf die Vergleichung mit Keeler, sind die beiden Beobachter zu Potsdam zu der Annahme berechtigt, daß es ihnen gelungen ist, trotz ungünstigerer optischer und atmosphärischer Verhältnisse das von ihnen beabsichtigte Ziel zu erreichen: die Bewegungskomponenten der hellern Gasnebel unter Verwendung einer andern Meßmethode mit einer der von Keeler erreichten vergleichbaren Genauigkeit zu ermitteln.

Die Lichtausstrahlung des Orionnebels. Dieser Nebelfleck ist, wie das größte und interessanteste Nebelobjekt der bei uns sichtbaren Himmelssphäre, so auch das am häufigsten beobachtete und dargestellte. Von den unvollkommenen Zeichnungen der beiden Herschel bis zu Bonds wundervoller Darstellung und den Zeichnungen Lord Rosses haben sich viele Astronomen an der graphischen Wiedergabe dieses komplizierten Nebelgebildes versucht; allein die Schwierigkeiten des Gegenstandes und der große Einfluß des Luftzustandes sowie der angewandten Instrumente haben diesen Versuchen eine Unsicherheit angeheftet, welche vor allem die Frage nach etwa eingetretenen Veränderungen in der Gruppierung oder der Lichtintensität des Details der Nebelmaterie unentschieden lassen. Die großen Fortschritte der Photographie in ihrer Anwendung auf cölestische Objekte sind aber auch bezüglich des Orionnebels von Wichtigkeit geworden und besonders die Aufnahmen am Crossleyreflektor der Licksternwarte haben das Vorhandensein von nebliger Materie in einer Ausdehnung dargetan, von der auch die Zeichnungen Rosses an dem 6-füßigen Spiegelteleskope keine Ahnung geben. Nur allein die Zeichnung, welche W. Tempel 1877 am 10½-zölligen Refraktor von Amici zu Arcetri bei Florenz ausführte und im „Sirius“ (Jahrg. 1877 Taf. I) publizierte, kann in bezug auf die Ausdehnung der Nebelmaterie mit der Crossleyphotographie verglichen werden.

Im Jahre 1888 hat Professor W. G. Pickering auf der Harvardsternwarte das Spektrum des Orionnebels photographisch aufge-

nommen mittels eines Instrumentes, vor dessen Objektiv ein Prisma angebracht war, eine Anordnung, die bekanntlich zuerst von Fraunhofer getroffen worden ist. Bei dieser Anordnung wurde eine Reihe von Bildern der sogenannten Huygensschen Region des Nebels erhalten, von denen jedes durch das Licht einer und derselben hellen Linie des Spektrums des Nebels gebildet ist. Jedes Bild korrespondiert also einer bestimmten Wellenlänge des vom Nebel ausgehenden Lichtes. Von den in der Aufnahme von Prof. Pickering vorhandenen elf Linien ist die Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 5000$ die hellste für das Auge, während im ultravioletten Teile eine Linie $\lambda = 3727$, dem Auge direkt unwahrnehmbar, aber in der photographischen Aufnahme äußerst intensiv hervortritt. Besonders am südöstlichen Rande der Huygensschen Region erschien dieselbe sehr stark, ebenso in dem Teile westlich vom Trapez. Prof. Pickering hat diese spektrographische Beobachtungsweise des Orionnebels nicht weiter verfolgt, dagegen ist diese neuerdings auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam von Prof. Dr. J. Hartmann wieder aufgegriffen und wesentlich vervollkommt worden, wobei sich wichtige Resultate ergaben. Dieselben sind nun der Preuß. Akad. d. Wiss. vorgelegt worden[1]) und sollen hier in Kürze mitgeteilt werden.

Schon vor einigen Jahren hat Prof. Hartmann einen kleinen Spektrographen mit Objektivprisma hergestellt, dessen optische Teile zur Verminderung der Lichtabsorption aus Quarz bestehen. Dieser kleine und handliche Quarzspektrograph hat sich in der Tat, insbesondere für die ultravioletten Teile des Spektrums, als äußerst lichtstark erwiesen. So zeigt beispielsweise eine 150 Minuten belichtete Aufnahme des Nebels N. G. C. 6573 fünfzehn Linien des Nebelspektrums, während die mit dem großen 80 *cm*-Refraktor verbundenen Spaltspektrographen in der gleichen Belichtungszeit nie mehr als vier Linien abbilden. Ein besonders wichtiges Resultat ergaben aber die Aufnahmen des Orionnebels mit diesem Apparate, indem sie zeigten, daß die einzelnen Teile des Nebels Licht von verschiedener Zusammensetzung aussenden, und daß namentlich ausgedehnte und charakteristisch geformte Gebiete fast nur in dem ultravioletten Lichte von der Wellenlänge λ 3727 leuchten.

„Die einzelnen monochromatischen Bilder", sagt Prof. Hartmann, „in welche das Licht des Nebels durch das Objektivprisma zerlegt wird, sind wegen der kurzen Brennweite der Kameralinse natürlich sehr klein; ein Millimeter auf der photographischen Platte entspricht einem Bildwinkel von nahe zehn Bogenminuten. Diese Größe genügt jedoch, um die Gestalt des Nebels deutlich erkennen zu lassen. Während sich nun die den übrigen Spektrallinien entsprechenden Bilder ziemlich gleichen, weicht das durch die Strahlen

---

[1]) Sitzber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1905. p. 60.

von der Wellenlänge λ 3727 entworfene Bild ganz auffällig von ihnen ab, indem es mit intensiven und gut begrenzten Teilen um mehr als 10′ über das Gebiet der andern Bilder hinausgreift. Auf den ersten Anblick hat es den Anschein, als ob der Nebel im Lichte der Wellenlänge λ 3727 eine gänzlich andere Form hätte als im Lichte der übrigen Farben, und erst bei schärferm Nachsehen kann man auf lange belichteten Aufnahmen eine Andeutung der erwähnten Gegenden auch in dem Lichte anderer Linien, insbesondere der beiden ersten Nebellinien (N_1 und N_2) von der Wellenlänge λ 5007 und λ 4959, auffinden. Jedenfalls überwiegt die Intensität der Strahlen von der Wellenlänge λ 3727 so stark, daß man von einem fast monochromatischen, ultravioletten Lichte der betreffenden Gebiete sprechen darf."

„Eine so auffällige Erscheinung", fährt Prof. Hartmann fort, „konnte nun bei den sehr zahlreichen frühern Beobachtungen des Spektrums des Orionnebels nicht ganz verborgen bleiben. Huggins, der das Vorhandensein der Linie λ 3727 im Spektrum des Orionnebels im Jahre 1882 zuerst nachwies, sowie Campbell, der die eingehendsten Studien über dieses Spektrum ausgeführt hat, benutzten Spaltspektrographen und konnten daher nur über das Spektrum desjenigen schmalen Streifens etwas ermitteln, dessen Bild während der Spektralaufnahme gerade auf den Spalt fiel. Dieser Streifen hatte bei den Aufnahmen von Huggins eine Länge von 2.5 Bogenminuten, enthielt also nur einen Querschnitt durch die hellste Gegend des Nebels, die sogen. Huygenssche Region; auch Campbells Aufnahmen, bei denen der Spalt einen Bildwinkel von etwa 7′ umfaßte, reichen nicht bis an die von mir beobachteten ultravioletten Zweige heran, die mehr als 10′ vom Trapez entfernt sind. Aus demselben Grunde haben auch die andern Beobachter, welche Spaltspektrographen benutzten, nichts von der Erscheinung bemerkt."

Günstiger lagen natürlich die Verhältnisse bei den mit spaltlosen Spektrographen ausgeführten Beobachtungen, wie die oben erwähnte von Professor Pickering. Nachdem Prof. Hartmann das Vorhandensein der ultravioletten Nebelteile durch mehrere Aufnahmen mit dem Quarzspektrographen unzweifelhaft festgestellt hatte, suchte er auf einem andern Wege deren Form und Lage genauer zu ermitteln und die Erscheinung weiter zu verfolgen. Er fand ein für diese Untersuchungen sehr geeignetes Verfahren in der Anwendung von Farbenfiltern bei direkten photographischen Aufnahmen des Nebels. Die Benutzung von Strahlenfiltern bei astrophotographischen Arbeiten wurde schon wiederholt zu dem besondern Zwecke vorgeschlagen, um mit einem für die optischen Strahlen achromatisierten Refraktor scharfe photographische Aufnahmen zu erhalten. Über derartige Aufnahmen berichteten Lohse im Jahre 1886, Spitaler 1890, und im Jahre 1900 stellte Ritchey nach diesem Verfahren prächtige Aufnahmen mittels des großen Yerkesrefraktors her.

Diese Farbenfilter stellte Ritchey in der Weise her, daß er eine Anzahl dünner planparalleler Glasplatten mit Kollodium von feiner grünlichgelber Färbung bestrich und mittels eines besonders konstruierten Trägers in unmittelbaren Kontakt mit der sensitiven Schicht brachte. Durch Prüfung am Spektroskop ergab sich, daß diese Platten nur die grünen, roten und gelben Strahlen durchließen, die violetten dagegen völlig abschnitten. Natürlich kann man auch Filter herstellen, welche andere Strahlen durchlassen oder abschneiden. So ist z. B. Prof. Keeler 1899 für seine Aufnahmen am Crossleyreflektor verfahren. Er machte einerseits durch ein Filter, welches nur die beiden ersten Nebellinien sowie die Wasserstofflinie Hβ durchließ, eine Aufnahme auf einer orthochromatischen Platte, anderseits ohne Filter eine Aufnahme auf einer gewöhnlichen Platte und zog dann aus der Vergleichung beider Platten den Schluß, daß an denjenigen Stellen des Nebels, die sich auf der zweiten Aufnahme relativ intensiver abgebildet hatten, das Licht der Linie Hγ sowie der übrigen Wasserstofflinien, und folglich auch Hβ, intensiver sein müsse als die beiden Nebellinien N_1 und N_2. Dieser Schluß ist jedoch, wie jetzt die Aufnahmen von Professor Hartmann ergeben haben, insofern nicht zutreffend, als die große photographische Helligkeit der von Keeler namhaft gemachten Stellen nicht von Hγ, sondern von der Linie λ 3727 herrührt. Der Grundgedanke der Keelerschen Arbeit, nämlich der Nachweis, daß das Licht nicht an allen Stellen des Nebels dieselbe spektrale Zusammensetzung hat, ist jedoch völlig richtig.

Für die Filteraufnahmen teilt Prof. Hartmann das Spektrum des Nebels in drei Abschnitte, deren erster die drei Linien N_1, N_2 und Hβ, also die Gesamtheit des bei optischen Beobachtungen wirksamen Lichtes, umfaßt. Der zweite Abschnitt erstreckt sich von Hβ etwa bis zur Wellenlänge λ 3900 oder 3800 und enthält die Reihe der Wasserstofflinien. Im dritten Abschnitte, jenseits von λ 3800, liegt als einzige Hauptlinie die oben erwähnte ultraviolette Linie λ 3727. Von den wenigen außer den hier aufgeführten noch im Spektrum des Orionnebels vorkommenden Linien konnte wegen deren äußerst geringer Intensität, ebenso wie von dem schwachen kontinuierlichen Spektrum des Nebels abgesehen werden.

Prof. Hartmann hat nun Filter herzustellen gesucht, welche für je einen der drei Abschnitte möglichst durchlässig sind, während sie die beiden übrigen absorbieren, und ist nach längern Versuchen bei den folgenden stehen geblieben, die den genannten Zweck sehr gut erfüllen und überall leicht zu beschaffen sind.

„1. Pikrinsäurefilter. Man fixiert eine unbelichtete photographische Platte aus und badet sie dann einige Minuten in einer konzentrierten Lösung von Pikrinsäure. Die Gelatineschicht färbt sich intensiv gelb und absorbiert von λ 4800 an alle kürzern Wellenlängen vollständig, während die größern Wellenlängen, speziell

also die Linien N_1, N_2 und $H\beta$, fast ungeschwächt durchgelassen werden.

2. Chininkobaltfilter. Man badet in gleicher Weise eine Gelatineplatte in Chininsulfat und verwendet sie zusammen mit einem blauen Kobaltglase. Diese Kombination läßt nur den Spektralbereich zwischen $\lambda = 3880$ und λ 4740 ziemlich gut durch und absorbiert alle andern Strahlen.

3. Nitrosofilter. Badet man eine Gelatineplatte in konzentrierter Lösung von Nitrosodimethylanilin, so nimmt dieselbe eine dem Pikrinsäurefilter fast völlig gleichende Gelbfärbung an, unterscheidet sich aber von demselben erheblich in ihrer absorbierenden Wirkung. Der rote, der gelbe und der grüne Teil des Spektrums werden fast ungeschwächt durchgelassen. Die Absorption beginnt etwa bei λ 5050 und steigt dann rasch an, so daß $H\beta$ schon vollständig absorbiert wird; die Linien N_1 und N_2 werden, wenn auch geschwächt, noch durchgelassen. Die starke Absorption erstreckt sich bis λ 4000 von da an nimmt die Durchsichtigkeit rasch zu, und λ 3727 wird wieder gut durchgelassen. Die geringe Durchlässigkeit dieses Filters für N_1 und N_2 macht man dadurch unschädlich, daß man für die Aufnahmen eine an dieser Stelle unempfindliche Plattensorte wählt, während man umgekehrt für die Aufnahmen hinter dem Pikrinsäurefilter im Blaugrün möglichst empfindliche Platten anwenden wird.

Durch gleichzeitige Benutzung des ersten und dritten Filters kann man auch Aufnahmen herstellen, bei denen nur N_1 und N_2 zur Wirkung gelangen, während $H\beta$ ausgeschlossen wird.“

Diese Filter hat Prof. Hartmann nun verwendet, um mit Hilfe eines Steinheilschen Spiegels von 24 *cm* Öffnung und 90 *cm* Brennweite eine Reihe von Aufnahmen des Orionnebels zu machen. Leider war in den 1905 Wintermonaten die Witterung ungünstig, so daß er die geplante Untersuchung nicht im vollen Umfange durchführen konnte.

Nur am 25. Januar war der Himmel völlig klar; an allen andern Abenden störte, wie die teilweise sehr kurzen Beobachtungszeiten zeigen, aufziehender Dunst die Aufnahmen. Doch auch diese wenigen Aufnahmen haben schon zu interessanten Resultaten geführt, auf die Prof. Hartmann an der Hand einer Skizze kurz hinweist da zu einer genauern Besprechung eine photographische Reproduktion der Aufnahmen unerläßlich ist.

Zunächst hebt er die außerordentlich große Intensität der ultravioletten Linie λ 3727 in allen Teilen des Nebels hervor. Die mit dem Nitrosofilter in zweistündiger Belichtung am 25. Januar erhaltene Aufnahme zeigt ein Bild des Nebels von 45′ Durchmesser, welches eine Menge Einzelheiten der Struktur erkennen läßt. Prof. Hartmann hat den Eindruck gewonnen, daß sich die Verdichtungen der Nebelmasse, welche dem Orionnebel das eigentümlich bewegte

Aussehen verleihen, am schärfsten unter Anwendung dieses Filters darstellen, während das Licht der Wasserstofflinien mehr einen gleichmäßigen Untergrund zu bilden scheint.

„Neben dieser allgemeinen Verbreitung und Intensität des ultravioletten Lichtes, die eine vollständige Aufnahme aller Teile des Nebels durch das Nitrosofilter ermöglicht, tritt dieses Licht aber an einigen Stellen noch besonders intensiv hervor. Die auffälligste Erscheinung ist in dieser Beziehung eine Reihe von bogenförmigen Streifen 14′ westlich vom Trapez, welche den schon mit dem Quarzspektrographen aufgefundenen ultravioletten Teil bilden. Das Licht der Linien N_1 und N_2 sowie der Wasserstofflinien ist in diesem Teile so schwach, daß derselbe für das Auge völlig unsichtbar ist, während er auf jeder mit einem Reflektor gemachten Aufnahme eines der auffälligsten Objektive bildet. Keeler schrieb das Licht dieser Partie, wie oben erwähnt, irrtümlich den Wasserstofflinien, also besonders $H\gamma$ zu.

Die zweite von Keeler auf seiner Aufnahme mit dem Crossleyreflektor aufgefundene Stelle leuchtet ebenfalls nicht im Lichte der Wasserstofflinien, sondern vielmehr der Linie λ 3727 so intensiv, daß dieser Teil auf der mit dem Nitrosofilter gemachten Aufnahme gänzlich anders aussieht als auf den nach Okularbeobachtungen ausgeführten Darstellungen des Nebels oder auch auf Platten, die mit Objektiven, die ja stets das Ultraviolett schon stark absorbieren, aufgenommen sind. Auf letztern ist sie mit ihrer scharfen Begrenzung auf der westlichen Seite stets auffällig und bildet namentlich in dem flachen Bogen, der den Stern Bond 784 umzieht, eine charakteristische Figur, während der Keelersche Streifen kaum sichtbar ist. Im ultravioletten Lichte ist dieser Streifen dagegen mindestens ebenso hell wie die intensivsten Teile des großen Bogens, und er fließt an einer Stelle mit letzterm dermaßen zusammen, daß der genannte Stern völlig überdeckt wird.

Auch andere durch ultraviolette Strahlung ausgezeichnete Teile des Nebels hat Prof. Hartmann aufgefunden; es sind hauptsächlich die äußern Teile der Huygensschen Region, besonders die bogenförmige nördliche Begrenzung derselben, sowie ein vom Trapez führender Streifen, auch in dem äußersten Teile des Nebels scheint das ultraviolette Licht zu überwiegen. Eine merkwürdige Tatsache ist ferner, daß in dem Nebel der 35′ nördlich vom Trapez den Stern c Orionis umgibt, das Licht der Linien N_1 und N_2 fast vollständig fehlt. Auf den durch das Pikrinsäurefilter gemachten Aufnahmen ist auch bei zweistündiger Belichtung kaum eine Spur dieses Nebels erschienen, während er auf den andern Platten, insbesondere auf der ultravioletten Aufnahme vom 25. Januar sehr schön abgebildet ist. Da dieser Nebel jedoch auch die Wasserstofflinien zeigt, so ist er trotz der Schwäche von N_1 und N_2 auch für das Auge gut wahrnehmbar.“

Eine weitere Bemerkung Professor Hartmanns bezieht sich auf die Intensität der Sternscheibchen, die auf den verschiedenen Filteraufnahmen äußerst starke Unterschiede zeigt. So sind selbst auf der zweistündigen Ultraviolettaufnahme vom 25. Januar von manchen Sternen kaum Spuren erschienen, die schon auf einer nur sieben Minuten belichteten Aufnahme im grünen Teile des Spektrums deutlich abgebildet sind; als Beispiele werden die Sterne Bond 402 und 430 erwähnt. Eine vollständige Durchmusterung nach derartigen Objektiven will Prof. Hartmann später vornehmen, wenn auch für den mittlern Abschnitt des Spektrums eine gleich gute Aufnahme wie für die äußern Teile vorliegt. „Man kann sich," sagt er, „das Verhalten dieser Sterne wohl nur aus ihrem Spektraltypus erklären; während man bisher annahm, daß auch die schwächern in der Nähe des Orionnebels stehenden Sterne analog den hellern, deren Spektra untersucht werden konnten, dem ersten Typus angehörten, deutet obige Beobachtung darauf hin, daß auch Sterne vom zweiten oder gar vom dritten Typus in dieser Gegend vorkommen."

„Durch die hier mitgeteilten Beobachtungen", sagt Prof. Hartmann, „wird zunächst die schon von Huggins vermutete und später namentlich von Campbell unzweifelhaft bewiesene Tatsache, daß das Licht des Orionnebels nicht homogen, sondern an den verschiedenen Stellen von wechselnder Zusammensetzung ist, aufs neue bestätigt. Die Schlüsse, die sich bisher aber nur auf das verschiedenartige Verhalten der Nebellinien N_1 und N_2 gegenüber der Wasserstofflinie $H\beta$ bezogen, sind nunmehr auch auf die Linie λ 3727 ausgedehnt worden. Nach allen bisherigen Schätzungen ist das Intensitätsverhältnis der beiden Linien N_1 und N_2 in allen Nebeln und auch an den verschiedenen Stellen des Orionnebels konstant, und dies wurde auch durch die Messungen von Wilsing und Scheiner auf das sicherste bestätigt. Schloß man hieraus, daß diese beiden Linien dem Spektrum desselben Gases angehören, und wurde es durch ihr wechselndes Intensitätsverhältnis zu der Wasserstofflinie wahrscheinlich gemacht, daß dieses Gas vom Wasserstoffe verschieden sei, so ist nunmehr durch das von den genannten beiden Liniengruppen wiederum abweichende Verhalten der Intensität der Linie λ 3727 mit derselben Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, daß außer jenen beiden Gasen mindestens noch ein drittes, teils mit ihnen vermischt, teils aber auch räumlich getrennt in den Nebeln vorkommt. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, daß dieses dritte Gas der Sauerstoff sei, der bei λ 3727.5 eine ziemlich kräftige Linie hat, während die bisher beste Bestimmung von Wright für die Wellenlänge der Nebellinie den Wert 3726.4 ergeben hat; da diese Bestimmung jedoch noch nicht sehr sicher ist, dürfte es angebracht sein, eine möglichst scharfe Wellenlängenmessung beider Linien vorzunehmen.

„Es ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden und wird auch durch die hier besprochenen Beobachtungen wieder bestätigt, daß es zum Nachweise etwaiger Veränderungen oder Bewegungen in einem Nebel unerläßlich ist, nur unter ganz gleichartigen Bedingungen hergestellte Abbildungen des betreffenden Objektes miteinander zu vergleichen. Gerade zur Herstellung dieser konstanten Bedingungen sind nun die Strahlenfilter vom größten Werte, da man durch dieselben alle von der Farbenempfindlichkeit der zur Aufnahme verwendeten Plattensorte sowie von der selektiven Absorption in den optischen Teilen des Instrumentes und in der Atmosphäre herrührenden Fehlerquellen unschädlich machen kann. Werden beispielsweise durch das Nitrosofilter belichtete Platten von nahe demselben Empfindlichkeitsgradienten gleich dicht entwickelt, so sind sie direkt miteinander vergleichbar, und eine derartige Vergleichung, die eventuell mit dem Zeißschen Stereokomparator ausgeführt werden kann, wird, wenn auch erst nach vielen Dezennien, zur Ermittlung der bis jetzt noch gänzlich unbekannten Bewegungsvorgänge in den Nebeln führen."

Die wahrscheinliche Anzahl der kosmischen Nebelflecke. Nachdem im Laufe vieler Jahre durch die Nachforschungen der beiden Herschel, des Lord Rosse, d'Arrests, Tempels und anderer die Zahl der bekannten kosmischen Nebelflecke auf etwa 6000 gestiegen war, hat die Einführung photographischer Aufnahmen des Himmels gleich anfangs ergeben, daß damit nur der kleinste Teil dieser Gebilde entdeckt sei. Prof. Keeler kam, nachdem er eine große Anzahl von Aufnahmen mittels des Crossleyreflektors untersucht hatte, sogar zu dem Ausspruche, daß die unsern Hilfsmitteln zugänglichen Nebelflecke des Himmels wohl auf 120000 an Zahl zu veranschlagen sein müssen. Gemäß dem von ihm entworfenen Programm sollten photographische Aufnahmen von 104 der hellern Nebelflecke und Sternhaufen in allen Teilen des Himmels nördlich von 25° südl. Deklination auf der Licksternwarte ausgeführt werden, um über Zahl und Verteilung dieser Objekte genauer urteilen zu können. Nachdem dieses Programm jetzt vollständig ausgeführt worden ist, gibt C. D. Perrine eine neue Schätzung über die Menge der kosmischen Nebel.[1]) Er teilt mit, daß in 57 der erwähnten Regionen des Himmels 745 neue Nebel auf den Platten entdeckt worden sind, von denen fast alle sehr lichtschwach und klein sind. Regionen, in welchen keine neuen Nebel entdeckt wurden, sind durchgängig diejenigen rings um Sternhaufen und sehr große Nebel, diese 142 an der Zahl. Letztere den erstgenannten zugezählt, gibt eine Gesamtsumme von 887 Nebelflecken. Dies gibt für jede Platte durchschnittlich 805 Nebelflecke. Da nun 62000 solcher Platten

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 64.

erforderlich sind, um die ganze Fläche des Himmels zu bedecken, so folgt, daß an dieser 500000 Nebel vorhanden sind, welche der Crossleyreflektor unter gewöhnlichen Verhältnissen darstellen würde. Nun ist aber nach Perrines Ansicht unzweifelhaft, daß längeres Exponieren, empfindlichere Platten und vollkommenere Photographien unzweifelhaft noch eine Menge von Nebeln herausbringen würden, die uns jetzt entgehen oder mit schwachen Sternen zusammengeworfen werden. Daher scheint es Perrine durchaus wahrscheinlich, daß die schließliche Zahl der für uns wahrnehmbaren kosmischen Nebelflecke eine Million überschreitet.

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die Arbeiten zur Bestimmung der Gestalt der Erde und den heutigen Standpunkt derselben hat Prof. A. Börsch dargelegt.[1]) „Bis gegen das Ende des 18. Jahrhunderts glaubte man, durch wenige in möglichst verschiedenen Breiten gelegene und mit äußerster Genauigkeit ausgeführte Gradmessungen — und zwar kamen damals fast nur Breitengradmessungen in Betracht — die Elemente des Erdellipsoids, nämlich die Länge der halben großen Achse und die Abplattung, bestimmen zu können, eine Anschauung, die besonders scharf in der hierauf begründeten Ableitung eines sogenannten natürlichen Längenmaßes, des Meters, zutage tritt. Differenzen, die sich in der Länge der Breitengrade in verschiedenen Gegenden, unter denselben und unter verschiedenen Breiten, gegen die theoretischen Werte ergaben, wurden den Beobachtungen, vorzüglich aber den astronomischen Bestimmungen, zur Last gelegt. Jedoch fing man schon an, größere Unterschiede zwischen den beobachteten und den aus den trigonometrischen Messungen unter Zugrundelegung eines bestimmten Ellipsoids berechneten Breiten durch lokale Attraktionen, zunächst durch solche sichtbarer Massen, zu erklären. Orte mit solchen lokalen „Lotstörungen" hielt man für ungeeignet zur Anlegung astronomischer Stationen. Durch die infolge der Vervollkommnung der Instrumente und der Beobachtungsmethoden immer häufiger als solche erkannten Lotstörungen veranlaßt, kam man gegen das Ende des 18. Jahrhunderts auf die Idee, durch schickliche Wahl der Lage und der Dimensionen eines besondern „Referenz"-Ellipsoids diese Lotabweichungen für ein beschränktes Gebiet, wie z. B. Großbritannien und Irland, möglichst klein zu machen. Der Erfolg war jedoch gering. Man glaubte gleichwohl noch längere Zeit hindurch, aus den bereits vorhandenen Gradmessungen mit einiger Sicherheit ein allgemeines Erdellipsoid ableiten zu können, was scheinbar die aus verschiedenen Berechnungen hervorgegangenen,

[1]) Verhandlungen des 3. Internationalen Mathematikerkongresses zu Leipzig 1905. p. 459 ff.

ziemlich übereinstimmenden Werte der halben großen Achse und der Abplattung der Erde bestätigten, wie sie u. a. durch Walbeck, Airy und Bessel (1841) ermittelt wurden. Die Besselschen Werte der Größe und Gestalt der Erde galten lange Zeit als die besten, und auch heute liegen sie noch den Berechnungen vieler und ausgedehnter Landesvermessungen zugrunde. Indessen ergaben neuere Ableitungen aus den Jahren 1866 und 1880 durch A. R. Clarke gegen Bessel eine Vergrößerung der halben großen Achse um etwa 1 *km* und eine solche der Abplattung von 1 : 299 auf 1 : 293. Man war sich hierbei, abgesehen von einigen andern Bedenken, darüber klar, daß sich die so bestimmte Form nur den einzelnen Gradmessungen möglichst gut anschließt, aber z. B. kontinentale Unregelmäßigkeiten in der Gestalt der Erde verdeckt werden können. Bei einer nachträglichen trigonometrischen Verbindung zweier Breitengradmessungen müßte sich dieser Umstand bemerkbar machen. So äußerte dieser sich bei der 1889 bewirkten Verbindung der russisch-skandinavischen mit der englisch-französischen dadurch, daß sich eine windschiefe Verdrehung beider Meridianbogen gegeneinander im Betrage von etwa 5″ ergab, die später (1900) auf einem andern Rechnungswege bestätigt wurde. Der hervorragende Einfluß, den die ostindische Gradmessung, sowohl infolge ihrer Ausdehnung, als auch auf Grund ihrer geographischen Lage in der Nähe der Äquators zwischen dem Indischen Ozeane und dem Himalaya mit dem Hochlande von Tibet, auf die Bestimmung der Erdelemente ausüben mußte, vermehrte zunächst die Zweifel an der Möglichkeit einer genauen Bestimmung der Erdgestalt als Rotationsellipsoid; läßt sich ihr doch überdies ein Besselsches und ein Clarkesches Ellipsoid fast gleich gut anpassen.

Die Folgerungen, die bereits aus den 1828 bekannten Ergebnissen für die Weiterentwicklung und die Aufgaben der wissenschaftlichen Geodäsie zu ziehen waren, hat wohl Gauß in der „Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen Göttingen und Altona" zuerst in voller Klarheit ausgesprochen. „Nach unserm Dafürhalten", sagte er, „betrachtet man diesen Gegenstand (nämlich das Auftreten von Lotabweichungen) aus einem falschen Gesichtspunkte, wenn man bei solchen Erscheinungen immer nur von Lokalablenkungen der Lotlinie spricht, und sie also gleichsam nur als einzelne Ausnahmen ansieht. Was wir im geometrischen Sinne Oberfläche der Erde nennen, ist nichts anderes als diejenige Fläche, welche überall die Richtung der Schwere senkrecht schneidet, und von der die Oberfläche des Weltmeeres einen Teil ausmacht. Die Richtung der Schwere an jedem Punkte wird aber durch die Gestalt des festen Teiles der Erde und seine ungleiche Dichtigkeit bestimmt, und an der äußern Rinde der Erde, von der allein wir etwas wissen, zeigt sich diese Gestalt und Dichtigkeit als höchst unregelmäßig; die Unregelmäßigkeit der Dichtigkeit mag sich leicht noch ziemlich

tief unter die äußere Rinde erstrecken und entzieht sich ganz unsern Berechnungen, zu welchen fast alle Daten fehlen. Die geometrische Oberfläche ist das Produkt der Gesamtwirkung dieser ungleich verteilten Elemente, und anstatt vorkommende unzweideutige Beweise der Unregelmäßigkeit befremdend zu finden, scheint es eher zu bewundern, daß sie nicht noch größer ist. Wären die astronomischen Beobachtungen einer zehn- oder hundertmal größern Genauigkeit fähig, als sie gegenwärtig haben, so würden sie diese Unregelmäßigkeit ohne Zweifel überall nachweisen. Bei dieser Lage der Sache hindert aber nichts, die Erde im ganzen als ein elliptisches Umdrehungssphäroid zu betrachten, von dem die wirkliche (geometrische) Oberfläche überall bald in stärkern, bald in schwächern, bald in kürzern, bald in längern Undulationen abweicht. Wäre es möglich, die ganze Erde mit einem trigonometrischen Netze gleichsam zu umspinnen, und die gegenseitige Lage aller Punkte dadurch zu berechnen, so würde das idealische Umdrehungssphäroid dasjenige sein, auf welchem berechnet die Richtungen der Vertikalen die möglichst beste Übereinstimmung mit den astronomischen Beobachtungen gäben."

Als mathematische Erdgestalt wird mit den Worten Bessels diejenige Fläche definiert, die die Oberfläche des Wassers eines mit dem Meere zusammenhängenden, die Erde bedeckenden Netzes von engen Kanälen bilden würde, wobei aber das Wasser in relativer Ruhe gegen den Erdkörper, also ohne Strömungen und ohne die Einwirkungen von Sonne und Mond (Ebbe und Flut) und der Winde und unter unveränderlichem Luftdrucke an der Meeresoberfläche gedacht wird. Für diese Fläche ist dann später von J. B. Listing der Name Geoid eingeführt worden.

Gauß wies auch darauf hin, daß zur Untersuchung des Geoids nicht Vervielfältigung der Gradmessungen die Hauptsache ist, sondern die Ausführung möglichst ausgedehnter und im Zusammenhange stehender trigonometrischer und astronomischer Messungen; er beklagt sich bitter über die Schwierigkeiten mancher Art, die diesem Zusammenschlusse schon damals innerhalb Deutschlands und seiner Nachbarländer entgegenwirkten. General Baeyer suchte diese Forderung zunächst für Zentraleuropa 1861 durch die Begründung der Mitteleuropäischen Gradmessung zu erfüllen, mit der ausgesprochenen Absicht, die Krümmungsverhältnisse der Erde in dem fraglichen Gebiete zu untersuchen. Die Mitteleuropäische Gradmessung erweiterte sich 1867 zur Europäischen und 1886 nach Baeyers Tode, und nachdem fast alle Kulturstaaten der Konvention beigetreten waren, zur internationalen Erdmessung. Durch sie und die großen Mittel, die ihr nach jeder Richtung hin, besonders auch in der Personen- und Geldfrage, zur Verfügung stehen, angeregt, konnte man der Frage nach der Möglichkeit der Bestimmung des Geoids oder wenigstens einzelner seiner Teile, sowie der Feststellung

der dazu nötigen Erfordernisse theoretischer und praktischer Natur näher treten. Man mußte vor allen Dingen untersuchen, ob die Lösung der Aufgabe ohne Hypothesen über das Bildungsnetz der Fläche möglich sei, und ob für den Fall, daß man aus praktischen Gründen gewisse Hypothesen zuzulassen gezwungen wird, sich ihr Einfluß mit hinreichender Schärfe ermitteln oder als belanglos gegenüber den durch die Beobachtungsfehler verursachten Unsicherheiten nachweisen läßt.

Weil man nur auf einem kleinern Teile der Erdoberfläche hinreichend genaue Beobachtungen anstellen kann, so ist es zunächst unmöglich, das Geoid als Ganzes zu ermitteln. Drastisch erläutert dies H. Bruns (1878) durch den Ausspruch: „Ebensowenig, wie man versuchen wird, das Bild, welches eine geognostische Karte gewährt, mit einigem Anspruche auf Treue in eine Formel zu zwängen, ebensowenig wird man auf ein brauchbares Resultat rechnen dürfen, wenn man es unternimmt, für die Gestalt der Geoide einen Ausdruck zu suchen, der die wahre Form derselben bis auf Quantitäten von der Ordnung der Beobachtungsfehler angibt."

Prof. Börsch gibt dann einen Überblick über die Rolle, welche die Ermittlung der Intensität der Schwerkraft (durch Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels) bei den Untersuchungen über die allgemeine Erdgestalt für sich allein und im Zusammenhange mit den Gradmessungen spielt. Der französische Geometer Clairaut leitete 1738 unter der Annahme, daß ein homogen geschichtetes Rotationsellipsoid Gleichgewichtsfigur der Erde sei, sein bekanntes Theorem ab, das die Abplattung mit der Schwerkraft am Äquator und am Pole und mit der Schwungkraft am Äquator in Beziehung setzt. Unter andern haben dann später besonders G. G. Stokes, H. Bruns und F. R. Helmert zur Verallgemeinerung dieses Theorems beigetragen. Die neueste Bestimmung der Abplattung des Normalsphäroids aus den Schweremessungen durch Helmert im Jahre 1901, die sich nur wenig von seinem 1884 gefundenen Resultat unterscheidet, ergibt hierfür mit einer relativ großen Sicherheit 1 : 298.3. Diese Untersuchung erstreckte sich getrennt auf eine sehr große Anzahl von Festlands- und von Küstenstationen, die auf die Mittelbreiten von 5 bis 75° in Intervallen von je 5° verteilt sind; die Stationen auf kleinen Inseln in tiefem Wasser wurden ihres besondern Verhaltens wegen vorerst noch ausgeschlossen. Die gute Übereinstimmung der aus beiden Gruppen einzeln erhaltenen Werte der Abplattung ist für die Schätzung der Genauigkeit der genannten Zahl besonders wertvoll.

Da die Bestimmung der Abplattung aus den Gradmessungen, zum Teile schon wegen ihrer jetzigen Verteilung, und auch ihre Ableitung aus astronomischen Daten, aus Mondstörungen und aus der Präzessionskonstanten, deren Ergebnisse sich aber gleichwohl dem neuen Werte nahe anschließen, ungenauer ist, so ist der Helmertsche

Wert heute als der beste anzusehen. Dagegen kann man aus hinlänglich ausgedehnten Gradmessungen, etwa von über 2000 *km* Ausdehnung, unter Annahme des genannten Abplattungswertes, sehr wohl die halbe große Achse des Erdellipsoids ableiten. Vorläufige Untersuchungen im Zentralbureau der Internationalen Erdmessung zu Potsdam, bei denen vor allem auch die beiden neuen großen Längengradmessungen, die europäische in 52° und die nordamerikanische in 39° Breite, berücksichtigt wurden, haben für die halbe große Achse den abgerundeten Wert 6378 *km* ergeben.

Wenn die Schwere auf der ganzen Erdoberfläche bekannt wäre, so könnte man nach einer Formel von G. G. Stokes (1849) die regionalen Erhebungen des Geoids gegen das Normalsphäroid aus den Schwerestörungen, d. h. aus den Abweichungen der auf die Meeresfläche reduzierten beobachteten Schwere von der berechneten, ableiten. Abgesehen davon, daß auch für die Zukunft nur in ganz besonders günstigen Fällen eine solche Verteilung der Schwerestationen möglich sein wird, um mit einiger Sicherheit jene regionalen Erhebungen für einzelne Punkte bestimmen zu können, ist die Formel zur Ermittlung der allgemeinen Erdgestalt schon dadurch unbrauchbar, weil sie nur die Variationen des Radius vector liefert, während sein Mittelwert anderweit gegeben sein muß. Dieser kann allein durch Gradmessungen ermittelt werden. Endlich kann aus Schwerkraftmessungen in Verbindung mit Höhenmessungen allein ein mittlerer Erdradius nur in ganz roher Weise abgeleitet werden. Die Gradmessungen werden daher auch aus diesen Gründen ihre Unentbehrlichkeit bei der Ableitung der allgemeinen Erdgestalt behaupten.

Seit der Einführung der Potentialtheorie in die Untersuchungen über die Erdgestalt dachte man natürlich sehr bald daran, die Erhebungen und Senkungen des Geoids gegen das Normalsphäroid, die durch die Anziehung der sichtbaren und verschieden dichten Massen der Erdrinde, hauptsächlich infolge des Gegensatzes von Festländern und Ozeanen, entstehen müssen, durch Rechnung, wenn auch zuerst nur in roher Schätzung, zu ermitteln. Nach den mehr theoretischen Betrachtungen von G. G. Stokes (1849) waren es besonders Ph. Fischer (1868) und J. B. Listing (1872 und 1878), die unter mancherlei, zum Teile unzutreffenden Annahmen solche Rechnungen anstellten. So fand Fischer, daß sich an den Küsten der Festländer das Geoid um 600 *m* erhebt, die unter den Festländern bis auf 1000 *m* steigen könnten; nach Listing sollten sogar die Depressionen der Meeresfläche allein über 1000 *m* betragen, so daß ihm Störungen des Radius vector bis 2000 *m* möglich erscheinen. H. Bruns stellte 1878 zuerst auf richtigen Voraussetzungen beruhende Untersuchungen an, wobei freilich die Verteilung von Wasser und Land noch sehr idealisiert angenommen wurde, und fand, daß man wohl noch zugeben könne, daß das Geoid gegen das Normalsphäroid Aus-

und Einbiegungen besitze, deren Beträge zwischen ± 500 *m* enthalten seien. Zu ähnlichen Resultaten (zwischen — 400 *m* und + 300 *m*, jedenfalls aber auch unter ± 500 *m*) kommt Helmert 1884, indem er, abgesehen von andern Annahmen, die Kontinente in angemessener Weise durch fünf abgestumpfte Kreiskegel ersetzt denkt. Durch eingehende Untersuchungen über den Verlauf der Schwerkraft gelangt er aber zu der Ansicht, daß mit der Annahme von Störungsmassen, die der äußern Figur der Festlandsmassen entsprechen, das beobachtete Verhalten der Schwerkraft, wonach sie sich auf den kleinern Inseln der Ozeane stets größer zeigt als auf dem Festlande, unvereinbar ist. Es wird also schon eine Kompensation der Festländer durch unterirdische Massendefekte als wahrscheinlich angenommen. Anderseits hatte aber Faye (1880 und 1886) die Hypothese aufgestellt, daß die Dichtigkeit gewisser Erdschichten unter den Ozeanen größer sei als die der entsprechenden unter den Festländern. Unter diesen Umständen würden dann die Höhenstörungen des Geoids nur Bruchteile von ∓ 500 *m* betragen. Die Ergebnisse der Gradmessungen und die der Pendelmessungen in Vorderindien hatten übrigens schon 1855 J. H. Pratt zu der Annahme geführt, daß die Massenanhäufungen, welche der äußern Begrenzung der Kontinentalmassen entsprechen, durch Dichtigkeitsverminderungen bis zur Tiefe von einigen hundert Kilometern ausgeglichen werden.

Die große Ausdehnung, die die Schwerkraftsmessungen erfahren haben, seitdem es das v. Sternecksche invariable Halbsekundenpendel ermöglicht, leicht, rasch und mit großer Genauigkeit relative Bestimmungen der Schwerkraft auszuführen, in Verbindung mit neuen Erfahrungen über die Verteilung der Lotabweichungen, gaben Helmert 1890 die Mittel in die Hand, in seiner „Schwerkraft im Hochgebirge“ nachzuweisen, daß die Abstände des Geoids vom Normalsphäroid unterhalb der Grenzen von ± 200 *m* bleiben, und daß deshalb die Gebirge und auch die Kontinente zum größten Teile durch unterirdische Massendefekte kompensiert seien. Schon 1899 konnte aber Helmert auf Grund seiner frühern Untersuchungen und aus den Ergebnissen der Gradmessungen, besonders der neuen europäischen Längengradmessung in 52° Breite, schließen, daß sich alle Störungen des Geoids, auch die kontinentaler Natur und die unter den Ozeanen, sogar in den Grenzen ± 100 *m* bewegen werden. Diese ± 100 *m* sind aber vollkommen ausreichend, um den Widerspruch in den aus den Gradmessungen und den Pendelmessungen erhaltenen Werten der Abplattung zu erklären. Auch die vorher erwähnte windschiefe Lage des russischen Breitenbogens, gegenüber dem französisch-englischen, würde sich auf eine durch kontinentale Anziehung verursachte Erhebung des Geoids in dem südlichen Teile der ersten im Betrage von unter 50 *m* zurückführen lassen.

Zur vollständigen Bestätigung der angeführten Zahlen war es aber von der größten Wichtigkeit, auch über den Tiefen des Ozeans

Schweremessungen ausführen zu können; doch zeigten sich alle Vorschläge, dies zu ermöglichen, als ungeeignet und zu ungenau. Erst 1901 gelang es O. Hecker, auf Helmerts Anregung hin, durch vergleichende Beobachtungen an Quecksilberbarometern und Siedethermometern (nach Mohn) auf dem Atlantischen Ozeane zwischen Hamburg, Lissabon und Rio de Janeiro die Schwerkraft mit der nötigen Sicherheit zu bestimmen. Das Ergebnis war, daß die Schwerkraft auf dem tiefen Wasser des Atlantischen Ozeanes zwischen Lissabon und Bahia als normal und der kontinentalen Schwereformel Helmerts von 1901 entsprechend gefunden wurde. Auch die von Nansen bei seiner Polarfahrt über dem tiefen Polarmeere auf dem Eise angeordneten Pendelmessungen bestätigen diese Erfahrung. Man kann also mit der Prattschen Hypothese von der überall vorhandenen isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste (wenn auch nur im Sinne einer allgemeinen Regel) als einer Tatsache rechnen und behaupten, daß sich die radialen Anomalien des Geoids in den vorher angegebenen Grenzen von $\pm$ 100 *m* halten. Man mag sich etwa vorstellen, daß die Massen- und Dichtenunterschiede der physischen Erdoberfläche im wesentlichen durch Massenverschiebungen aus einer ursprünglich homogenen oder homogen geschichteten Erdrinde entstanden sind. Natürlich braucht man sich diese Isostasie nicht für jedes Quadratmeter der Erdoberfläche erfüllt zu denken, sondern vielleicht für Kreise von einigen hundert Kilometern Radius, um von der Größenordnung dieser Zahl eine angenäherte Vorstellung zu geben. Hierauf weisen auch die auf Grund der Attraktionswirkungen sichtbarer Massen berechneten relativen Lotabweichungen hin, die bei deren Berücksichtigung bis auf 25 bis 40 *km* Umkreis, durch die beobachteten Lotabweichungen meistens angenähert dargestellt werden. Dazu kommt noch, daß die geometrischen Nivellements nach Anbringung des normalen Teiles der durch die Nichtparallelität der Niveauflächen bedingten Reduktionen ergeben haben, daß die Mittelwasser der Europa umspülenden Meere bis auf Beträge von der Ordnung der Beobachtungsfehler und bis auf solche, die durch lokale Störungen, wie vorherrschende Winde, verursacht werden, einer Niveaufläche angehören.

Eine wichtige Folge der skizzierten Resultate ist, daß man sich nunmehr die in der bisher üblichen Weise berechneten trigonometrischen Messungen mit ausreichender Genauigkeit als auf ein bestimmtes „Referenz"-Ellipsoid übertragen denken kann. Relative Lotabweichungen von etwa 100″ sind nur noch in ganz vereinzelten Fällen zu erwarten; meistens werden sie unter 10 bis 20″ bleiben und keinen sich über größere Gebiete erstreckenden systematischen Charakter annehmen. „Schließlich geht Prof. Börsch auf die Methoden ein, die für die tatsächliche Darstellung von Flächenstücken des Geoids in begrenzten Vermessungsgebieten in Frage kommen, wobei

er sich, der historischen Entwicklung folgend, im allgemeinen auf die Vorschläge beschränkt, die ein in sich abgeschlossenes Bild gewähren und mit den Namen Yvon Villarceau, H. Bruns und F. R. Helmert verknüpft sind."

Vorläufige Ergebnisse des internationalen Breitendienstes in der Zeit von 1904.0 bis 1905.0 hat Prof. Th. Albrecht veröffentlicht.[1]) Hiernach scheint es, daß das Jahr 1904 bereits einer Periode der Abnahme der Amplitude der Breitenvariation angehört.

Periodische Verschiebungen des Schwerpunktes der Erde. Schon vor vier Jahren hat Prof. Dr. R. Spitaler nachgewiesen, daß das jährliche Glied der Polschwankung, wie es sich aus den Beobachtungen ergibt, durch die jahreszeitlichen Luftmassenverschiebungen näherungsweise erklärt werden kann. Prof. F. Klein und A. Sommerfeld, welche diese Ergebnisse mit der Theorie der Polbewegung verglichen haben, fanden, daß eine allgemeine Übereinstimmung wenigstens der Größenordnung und dem Sinne der Bewegung des Trägheitspoles nach vorhanden ist. Die tatsächlich bestehenden Unterschiede können entweder durch unsere noch ziemlich vollständige Unkenntnis der arktischen und antarktischen Luftdruckverhältnisse oder dadurch erklärt werden, daß außer den Lufttransporten noch andere meteorologische Prozesse (Wassertransporte etc.) die jährliche Bewegung des Rotationspoles beeinflussen. Jedenfalls hat man zu der Annahme guten Grund, daß es bei weiterer Anreicherung des Beobachtungsmateriales möglich sein wird, den jährlichen Bestandteil der Polschwankungen aus meteorologischen Massentransporten befriedigend zu erklären.

Es hat nun weiterhin Prof. Kimura aus den Beobachtungen des internationalen Breitendienstes noch eine jährliche kleine Welle in den beobachteten Polschwankungen nachgewiesen, die unabhängig ist von der geographischen Länge des Beobachtungsortes, und Prof. Albrecht hat dieselbe bestätigt gefunden. Wodurch diese sehr kleine Schwankung bedingt wird, darüber läßt sich jetzt noch nichts Näheres sagen.

Eine mögliche Ursache wäre eine gemeinsame Schwankung der Lote, hervorgerufen durch eine Verschiebung des Gravitationszentrums der Erde in der Richtung der Polarachse, worauf Chandler zuerst hingewiesen hat. Da nun die Vermutung naheliegt, daß diese Verschiebung des Schwerpunktes der Erde durch die jährlichen Verschiebungen von Luft- und Wassermassen auf der Erdoberfläche verursacht wird, hat Prof. Spitaler, einer Anregung Prof. Küstners folgend, an der Hand des seiner eingangs genannten Arbeit zugrunde gelegten Zahlenmateriales untersucht, ob und von welcher Größe

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4017.

sich aus den Luftmassenverschiebungen auch eine periodische Vorlagerung des Schwerpunktes der Erde ergibt.

Er hat das Ergebnis seiner Arbeit der Wiener Akademie der Wissenschaften vorgelegt.[1]) Es ergibt sich, daß infolge der periodisch wandernden Luftmassen sich die Lage des gemeinsamen Schwerpunktes periodisch im Erdkörper verschieben muß. Allein wegen der Kleinheit der Luftmassen gegenüber der Masse der Erde sind die so entstehenden Verschiebungen des Schwerpunktes der ganzen Erde äußerst klein und können die von Kimura entdeckte Schwankung der Polbewegung nicht erklären. Da mit den periodischen Luftdruckschwankungen wahrscheinlich auch periodische Verschiebungen von Wassermassen verbunden sind, indem dort, wo der Luftdruck gesunken ist, zur Herstellung des Gleichgewichtes sich der Luftdruckänderung entsprechende Wassermassen ansammeln werden, also beispielsweise im Januar auf dem Gebiete des barometrischen Minimums im nordatlantischen und nordpazifischen Ozeane, während unter dem erhöhten Luftdrucke daselbst im Juli entsprechende Wassermassen weggedrängt werden, hat Prof. Spitaler auch die damit verbundenen Schwerpunktsänderungen berechnet. Es ändert hiernach auch dieser Umstand nichts an dem bereits Gesagten, daß auf diese Weise das Kimurasche Glied der Polbewegung nicht erklärt werden kann.

Bodenbewegungen bei Berlin. Sorgfältige Nivellements der geodätischen Abteilung der landwirtschaftlichen Hochschule, welche in Westend (Berlin) seit 1891 angestellt worden sind, haben zu merkwürdigen Ergebnissen geführt, welche auf Bewegungen der Erdrinde oder kleine örtliche Lotschwankungen, leise Wellen des Geoids, führen. Prof. Dr. O. Eggert hat hierüber einen interessanten Bericht veröffentlicht,[2]) wonach die Nivellements vom 1. März 1893 bis zum 21. August 1900 eine ausgesprochene Hin- und Herbewegung der Normalen in südwestlich-nordöstlicher Richtung von etwa 0.2″ zeigen, dann aber bis zum Oktober 1901 Unregelmäßigkeiten (vielleicht durch Eigenbewegungen einzelner Höhenmarken), während seitdem bis zum Schlusse der Messungen im Oktober 1903 die ursprüngliche Regelmäßigkeit der Bewegung wieder beginnt. Schon früher ist die Frage aufgeworfen worden,[3]) ob Veränderungen von Höhenunterschieden, wie sie hier beobachtet sind, sich durch Schwankungen der Niveaufläche erklären ließen. Da durch solche Schwankungen auch die geographische Breite beeinflußt wird, so müßten genaue Polhöhenbeobachtungen die Ergebnisse des Nivellements

---

1) Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse **114**. Abt. IIa. Juni 1905. p. 695 ff.

2) Zeitschrift für Vermessungswesen 1905.

3) Verhandlungen der 1898 in Stuttgart abgehaltenen allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung p. 43.

bestätigen. Leider liegen derartige astronomische Beobachtungen in Westend oder Berlin nicht vor. Jedoch sind für einen Teil gleichzeitige Polhöhenbestimmungen durch das Geodätische Institut in Potsdam ausgeführt worden, die deshalb zu einem Vergleiche herangezogen wurden, ohne die Bedenken gegen die Zulässigkeit eines solchen Vergleiches zu übersehen. Es ergab sich in der Tat eine Übereinstimmung der durch astronomische Messungen und durch Nivellements gefundenen Lotschwankungen nach Richtung und Größe, die durch den Zufall allein wohl kaum zu erklären ist. „Die Annahme gleichartiger und gleichzeitiger Veränderungen der Lotrichtung in Potsdam und Westend ist nicht gut denkbar, da hiermit Höhenänderungen verbunden wären, die sich auch schon bei andern Nivellements bemerkbar gemacht hätten. Man müßte also lokale Schwankungen der Lotrichtung annehmen, die allerdings in Potsdam und Westend gleichartigen Charakter und zeitweilig auch übereinstimmenden Verlauf zeigen. Ein Beweis für solche lokale Schwankungen der Niveaufläche ist durch diese wenigen Beobachtungen freilich nicht geliefert, jedoch fordern die vorliegenden Ergebnisse dazu auf, weitere Untersuchungen hierüber anzustellen, um so mehr, als auch die Resultate der durch das Geodätische Institut in Potsdam ausgeführten Nivellements[1]) Schwankungen der Lotrichtung vermuten lassen. Durch Nivellements allein kann die Frage nicht erschöpfend beantwortet werden, es müßten an demselben Orte und gleichzeitig Beobachtungen der geographischen Breite ausgeführt werden."

Oberflächengestaltung.

Versuche, ein allgemeines Gesetz für die Erdgestaltung aufzustellen sind in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten gemacht worden. Unter denselben ist die Tetraederhypothese von Lowthian Green eine der ältern. Sie ist kaum beachtet, in neuer Zeit aber wieder von Geographen und Geologen der Vergessenheit entrissen worden. Mit ihr und einigen andern Hypothesen beschäftigt sich Dr. Th. Arldt.[2]) „Der erste," sagt er, „der tetraedrische Elemente im Aufbaue der Erde vermutete, war Richard Owen.[3]) Er versuchte, die

[1]) R. Schumann, Ergebnisse einer Untersuchung über Veränderungen von Höhenunterschieden auf dem Telegraphenberge bei Potsdam. Veröffentlichung des Kgl. Preußischen Geodätischen Instituts. Berlin 1904.

[2]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 7. p. 283 ff.

[3]) Richard Owen, Key to the Geology of the Globe. An essay designed to show, that the present geographical, hydrographical and geological structures observed on the earth's crust were the result of forces acting according to fixed demonstrable laws analogous to those governing the development of organic bodies. 1857.

tektonischen Einzelheiten der Erdkruste nach drei Scharen von Hauptkreisen zu ordnen, deren gleichliegende Schnittpunkte mit dem Äquator je 120° voneinander abstehen, indem die nordöstlichen Zweige den Äquator etwa auf den Meridianen 67,5°, 187.5°, 307.5° O, die dazu gehörigen nordwestlichen Zweige auf den Meridianen 247.5°, 7.5°, 127.5° O. schneiden. Durch jeden dieser Punkte läßt Owen vier Hauptkreise A—D hindurchgehen, die die Breitengrade 78°, 66.5°, 50° und 23.5° berühren und sich in der Breite 67°, 49°, 31°, bzw. 12.5° N. schneiden. Diese Schnittpunkte entsprechen den Eckpunkten der Grundfläche eines Tetraeders, dessen vierte Ecke im Südpole gelegen ist. Eine eigentliche tetraedrische Theorie aber wurde erst von Lowthian Green[1]) aufgestellt und eingehend begründet, begegnete aber anfänglich vielem Spotte, entfernt sich doch von allen regelmäßigen Körpern das Tetraeder am weitesten von der Kugel. Endlich aber fand sie, und zwar zuerst in Frankreich günstigere Aufnahme, wo Lapparent sie weiter ausbaute und in mehrern seiner Werke für sie eintrat. Zu ähnlichen Resultaten wie dieser Gelehrte kam bei der Untersuchung der Größe der Erdabplattung Du Ligondés. Michel Levy und Marcel Bertrand suchten das Tetraeder hauptsächlich der Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen und dem Zuge der Faltengebirge anzupassen. Preston[2]) sprach sich auf Grund von Schweremessungen für die tetraedrische Hypothese aus. Endlich gaben J. W. Gregory, Emerson und Prinz zusammenfassende Überblicke über die bisherige Entwicklung der Theorie. Während aber die beiden ersten auf den Standpunkt der Theorie sich stellen und dieselbe weiter auszubauen suchen, verwirft der belgische Astronom die Tetraedergestalt der Erde und nimmt nur andere Teile von Greens Hypothese an. Übrigens ist keiner dieser Überblicke vollständig; die beiden ersten Forscher konnten Bertrands Vorschläge noch nicht berücksichtigen, während Prinz Emersons Veröffentlichung nicht benutzen konnte." Über Greens Hypothese sagt Dr. Arldt: „Green vergleicht die Erde mit einem Tetraeder und sucht dieses der Kugelform dadurch anzunähern, daß er an die Stelle der Kanten einmal gebrochene Linien einführt und dann auf die Tetraederflächen sechsseitige Pyramiden aufsetzt. Eine noch größere Annäherung läßt sich erzielen, wenn wir die Kanten und Flächen uns gekrümmt vorstellen, wie wir sie oft am ungeschliffenen Diamant wahrnehmen, ein Vergleich, der schon von Owen angestellt worden ist. Wir können in diesem Falle jede beliebige Annäherung an die Kugelform erzielen. Den Körper

---

[1]) Vestiges of the molten Globe as exhibited in the figure of the earth's volcanic action and physiography, by William Lowthian Green, Minister of Foreign Affairs to the king of the Sandwich Islands. Part I. London 1875. Part II. Honolulu 1887.

[2]) Preston, Report on the study of the earth's figure by means of the pendulum. Amer. Journ. Scienc. [3] **12**. p. 451.

nennen wir nach seiner Form am besten ein Tetraedroid. Wenn nun dieses auch nur wenig von der Sphäroidform abweicht, so müssen doch die Mitten der Flächen dem Schwerpunkte näher liegen, als die Ecken und Kanten. Würde eine Kugel mit dem Radius r im Sinne Greens in ein regelmäßiges ebenflächiges Tetraeder umgeformt, so würde der Mittelpunktstabstand der Flächen 0,5498 r, der Kanten 0,9523 r, der Ecken 1.6495 r betragen. Infolgedessen wird auf den Flächen das Wasser sich sammeln, dessen Oberfläche sphäroidisch sein muß. Die Flächen werden zu Meeren, die Kanten und Ecken bilden Land. Da nun das Tetraeder ein Körper, und zwar der einzige regelmäßige Körper ist, bei dem jeder Fläche eine Ecke gegenüber liegt, so müssen bei einer tetraedrischen Form der Erdkruste Land und Wasser antipodisch verteilt sein. Das ist aber gerade einer der hervorstechendsten Züge im Antlitze der Erde. Besser und kürzer als Worte es tun können, zeigt dies uns Gregorys Karte der antipodischen Erdräume. Nur wenigen Landgebieten, nach Lapparent nur $^1/_{20}$ der ganzen Landfläche, liegt Land gegenüber, so dem südlichen Südamerika das südöstliche Asien, dem Grahamslande die Taimyrhalbinsel, dem Viktoria- und Wilkeslande der nordamerikanische polare Archipel mit Grönland. Wenn also die Erde überhaupt mit einem regelmäßigen Körper verglichen werden kann, so kann dies nur das Tetraeder sein. Von den sechs Tetraederkanten läßt Green drei nordsüdlich verlaufen. Er sieht sie in den Erdteilpaaren Nord- und Südamerika, Europa-Afrika und Asien-Australien. Die beiden letzten Paare sind jetzt allerdings miteinander verwachsen, doch erst seit kurzer Zeit; bis zum Oligozän trennte ein vom arktischen Meere zum alten Ozeane Tethys reichender Meeresarm den alten Angarakontinent von Europa.

Arldt bespricht zuerst die Möglichkeit einer Umformung der urspünglich kugelförmigen Erde. „Das glühende Rotationsellipsoid der Erde," sagt er, „fing an, mit einer rasch an Dicke zunehmenden Schlackenkruste sich zu bedecken. Diese war aber noch sehr unbeständig; sie zerbrach in einzelne Schollen und konnte sich so immer von neuem dem allmählich kleiner werdenden Erdkerne anpassen, wenn auch jetzt schon seitliche Druckwirkungen in ihr zur Geltung kommen mußten. Schließlich war die Kruste genügend verfestigt, um nicht mehr ganz zu zerbrechen. Die Abkühlung des Erdkernes ging nun wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteine und der frei werdenden Erstarrungswärme nur außerordentlich langsam vor sich, aber sie schritt doch fort, und ihr entsprechend verkleinerte sich der Inhalt des Erdkernes, so daß die Oberfläche zu groß wurde. Nun hat von allen regelmäßigen Körpern bei gleicher Oberfläche die Kugel den größten, das Tetraeder den kleinsten Rauminhalt. (Tetraederinhalt = 0,5498 × Kugelinhalt.) Nimmt daher das Volumen einer Kugel ab, ohne daß ihre Oberfläche dieser Abnahme folgen kann, so muß sie ihre Form ändern; sie nimmt

die Gestalt an, die ihr am längsten die Erhaltung ihrer Oberfläche gewährleistet, das ist eben die Tetraederform. Daß solche Umbildungen möglich sind, haben Fairburns Experimente mit eisernen Hohlzylindern gezeigt, deren kreisförmiger Querschnitt durch hohen Druck einem gleichseitigen Dreiecke mit abgerundeten Ecken und konkaven Seiten sich annäherte, einer Figur, wie wir sie auch bei einem Schnitte parallel zum Äquator durch die Südhalbkugel der Erde erhalten. Eine wirkliche tetraedrische Umbildung hat Lallemand bei Kautschukballons, Green bei Seifenblasen und bei im Wasser aufsteigenden Gasblasen beobachtet. Da die Erde nicht still steht, kann sie natürlich nicht die Form eines ebenflächigen Tetraeders annehmen, die tetraedrische Umformung wird immer nur klein sein, da durch sie rückbildende Kräfte geweckt werden, die die Erde in die Gestalt eines reinen Rotationskörpers zurückzuführen suchen. Die Rotation wirkt am stärksten in äquatorialen Gegenden, und ihre Geschwindigkeit nimmt immer rascher nach den Polen zu ab. Tetraedrische Züge werden wir daher deutlicher in höhern Breiten erkennen.

Auf die Einzelheiten der Darstellung von Arldt kann nicht eingegangen werden. Nur seine Zusammenfassung möge hier Platz finden. „Die Tetraedertheorie“, sagt er, „erscheint auf den ersten Blick sehr sonderbar, eine vorurteilsfreie Prüfung derselben aber muß zu der Anerkennung führen, daß sie den großen Zügen des Erdreliefs sich recht gut anpaßt. Durch die tetraedrische Form der Erde ist die antipodische Lage von Land und Wasser bedingt, durch sie ist die dreiseitige Symmetrie der Erde, sowie die Zuspitzung der Festland- und Ozeanflächen verursacht. In ihr haben der Land- und Wasserring ihren Grund. Sie zeigt einen Ausweg zur Erklärung der Ostverschiebung, die Dana ein ungelöstes Problem der Geographie nannte, sowie zur Begründung der nördlichen Asymmetrie im Baue der Gebirge. Sie läßt uns Regelmäßigkeiten im Zuge der letztern, sowie in der Verteilung der alten Massive erkennen, sie erklärt die geringere Abplattung des Südpoles, sowie manche Unregelmäßigkeiten und scheinbare Widersprüche, auf die wir bei Schwerebeobachtungen und bei Gradmessungen gestoßen sind. Im Vereine mit der Theorie der Polverschiebung gibt sie uns einen Grund für die Neigung der Erdachse und läßt uns die Eigentümlichkeit der mittelmeerischen Zone sowie des pazifischen Feuerkreises verstehen. Der Theorie, die doch nach der gegenwärtigen Anordnung der tektonischen Elemente aufgestellt worden ist, widersprechen die Erscheinungen der Erdgeschichte nicht, und endlich ist die tetraedrische Umformung auch möglich; kurz außer den Gründen, die die Betrachtung des Globus uns bietet, sprechen auch physikalische, geodätische und geologische Gründe dafür. Damit müssen wir uns aber auch begnügen und nicht zuviel Einzelheiten mit tetraedrischen Linien in Verbindung bringen wollen wie Lévy und Ber-

trand. Wir dürfen immer nur Bogenstücke von größten Kreisen als wesentlich betrachten, nie die ganzen Kreise, und müssen uns dessen bewußt bleiben, daß die jetzigen tektonischen Linien keine primären sind und deshalb auch nicht nur von den tetraedrischen Kanten bestimmt werden. Das schließt den Weiterbau auf Grund der tetraedrischen Theorie nicht aus, der durch geeignete Verknüpfung anderer tektonischer Theorien, wie der von Sueß, Dana, Reyer, auszuführen ist."

Die Küstenformen der Halbinsel Istrien behandelt K. Schneider.[1]) „Wie ein Trapezoid, dessen längere Diagonale 94 *km* beträgt und von Nord nach Süd verläuft, ragt Istrien in die nördliche Adria hinein und schafft so zwei große Meerbusen, in deren Hintergrunde die rivalisierenden Handelsstädte Triest und Fiume liegen. Nur 50 *km* ist Istriens Festlandsseite, die übrige 460 *km* lange Grenzlinie bespülen die Wogen des Meeres. Diese Küste läßt sich leicht in drei Teile gliedern, von denen jeder einer andern Landschaft der Halbinsel angehört und auch einen andern Küstentypus aufweist.

1. Die im Mittel 660 *m* hohe Vena, worunter man mit den italienischen Geographen jenen Gebirgszug versteht, der die Halbinsel von ihrem Hinterlande scheidet, und über den nur drei Pässe den Verkehr vermitteln.

2. Das istrische Bergland mit 300 *m* mittlerer Höhe, die regione pedemontana der Italiener. Zu ihm gehört das Plateau von Albona.

3. Das istrische Flachland, die regione marittima oder kurz Istria rossa genannt, nach der terra rossa bezeichnet, die in diesem Teile in reichlicher Menge auf der Kreide auflagert.

Eine vollkommen selbständige Stellung nimmt auf der Halbinsel das Gebiet um Abbazia ein, das man als das Amphitheater von Abbazia bezeichnen kann.

Geologisch finden sich nur zwei Formationen auf Istrien: die Kreide und das Eozän. Vena und Flachland gehören im allgemeinen der Kreide an, während das Bergland sich aus den eozänen Schichten aufbaut. Zwischen beiden bemerkt man als ein drittes Glied einen schmalen Zug, der sich durch seine Kegelberge morphologisch von den benachbarten Gebieten unterscheidet, petrographisch dem Kreidekalk, faunistisch dem Eozän angehört und als Protozän das Übergangsglied zwischen beiden bildet.

Tektonische Verhältnisse haben die Höhenunterschiede zwischen Vena und Bergland geschaffen. Zu zwei gewaltigen, nach Südwesten überlegten Falten wurde das Kreidegebiet am Ende des Eozäns zur Vena aufgestaut. In dem übrigen Gebiete ist die Faltung nur mehr unbedeutend. Nur an zwei Stellen bricht die Kreide durch das darüberlagernde Eozän des Berglandes.

[1]) Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1905. Nr. 3. p. 145.

Ziemlich unvermittelt fällt das Bergland zum Meere ab, dessen Fluten, von der Triester Bora aufgewühlt, an dem Gestade wüten, so daß der Mensch durch Anlegen von festen Bauten dem Brandungswerke entgegentreten muß. Vallone, d. i. Tal, nennt der Anwohner diese Buchten.

Längs dieser ganzen 66 *km* langen Nordwestküste findet sich keine einzige Insel, das Meer ist kaum tiefer als höchstens 20 *m* und hat einen schlammig-sandigen Grund, das Material dazu bringen die Flüsse, oder waschen sich die Brandungswogen von dem Sandsteinfels. Auf diesem schlammigen Grunde ruhen vielfach die Grundpfeiler der Bauten Triests, und so sind denn die von hier bezeugten Senkungen wohl nur auf ein Sacken des Bodens zurückzuführen.

Für den gesamten Küstentypus, wie er an der Nordküste Istriens zur Entwicklung kam, hat man die Bezeichnung Vallonenküste — eine Modifikation der Riasküste — eingeführt.

„Bei der Pt. Salvore hebt durch 330 *km* hindurch bis zur Pt. nera an der Ostküste die zweite, für Istrien ganz besonders charakteristische Küstenform an. Auch sie ist eine Riasküste, aber vertritt die Nordküste den Vallonentypus, so hat dieser Teil eine vollkommen eigenartige Gestaltung.

Im nördlichen Teile der Halbinsel, ungefähr bis Citta nuova, wo die Senkung der Kreidefalten am tiefsten fortgeschritten ist, das istrische Flachland vom Meere aus fast wie eine Ebene erscheint, sind es nur ganz kleine Buchten, deren Rand fast die Form eines Halbkreises annimmt. An ihren Rändern nagt die Brandung, ohne aber jene Kliffs, Höhlen und Nischen hervorzubringen, wie sie an der Nordküste oder weiter südlich in der Umgebung von Rovigno oder Pola anzutreffen sind. Von Parenzo beginnen kleine Scoglien und Secchen (Untiefen) in größerer oder geringerer Entfernung bis zur Pt. Merlera die Küste zu begleiten. Becker[1]) führt 67 Scoglien namentlich an und findet für sie einen Flächeninhalt von 14 *qkm*, wobei die Brionigruppe mit 5.6 *qkm* inbegriffen ist. Alle diese kleinen Inseln sind Zeugen der ehemaligen Ausdehnung des Festlandes. Eine geringe negative Strandbewegung würde sie alle landfest machen. Sie sind nichts anderes als die Gipfel von Erhebungen, die sich im südlichen Flachlande finden, mit denen sie leicht in Verbindung gebracht werden können. Nur durch eine Senkung der Halbinsel wurden sie in ihre heutige Lage gebracht."

Bei der Pt. nera hebt die dritte Küstenform Istriens an: die quarnerische. Die Fluten des Quarnero spielen an den Plattenkalken und Dolomiten der Vena. Von der Pt. Masnak an verläuft die Küstenlinie fast gerade, und nur durch die Meeresarbeit wurde eine feinere Modellierung geschaffen. Kaum 10 *m* vom Ufer entfernt sinkt der Boden des Quarnero 50 *m* und selbst 80 *m* zur Tiefe

---

[1]) Becker, Die Gewässer in Österreich, p. 488 f.

herab. Ein blauer Letten, wahrscheinlich das Verwitterungsmaterial des eozänen Sandstein-Mergelschiefers, bedeckt den flachen Meeresboden, der durch keinerlei Untiefen und Klippen unterbrochen wird.

Zahlreiche Quellen treten längs der Küste am Meeresboden auf, besonders zahlreich zwischen Abbazia und Ika; sie besitzen eine Temperatur von 11 bis 15°. Ja, bei Moschenizze soll nach Regengüssen im Meere draußen eine so mächtige Quelle hervorbrechen, daß ihr Aufwallen und Stoßen jeder Ruderbarke das Darüberfahren unmöglich macht.

Die ganze Küste ist durch einen Bruch hervorgerufen worden, der sich bis in die Mitte des Adriatischen Meeres erstreckt und gegen Ancona verläuft. Wenigstens deuten darauf die Süßwasserquellen, die in dieser Richtung bis in die Mitte der Adria zu verfolgen sind.

Auf die Strandverschiebungen, welche man an der Westküste Istriens beobachtet hat, kann heute noch nicht eingegangen werden, da das Material noch nicht hinlänglich beobachtet worden ist. So viel scheint aber festzustehen, daß tatsächlich eine Senkung der Küste in historischer Zeit stattgefunden hat, für welche Gnirs ein Maß von 1.5 *m* im südlichen Istrien annimmt, eine Zahl, welche Krebs für den nördlichen Teil der Halbinsel als wahrscheinlich hinstellt.[1] Soweit man aber die Verhältnisse überschauen kann, sind diese Senkungen auf tektonische Ursachen zurückzuführen. Deuten ja die wiederholten Erdbeben in den Dinariden, die oft ganz bedeutend auch in Istrien zu verspüren sind, darauf hin, daß die endogenen Vorgänge in diesem Gebiete noch lange nicht zum Abschlusse gekommen sind."

Der Erdschias-Dagh ist von D. A. Penther und D. E. Zederbauer bereist worden. Dieselben haben zahlreiche Aufnahmen dieses Gebirges gemacht, aus denen J. Tschamler eine Spezialkarte desselben konstruierte.[2])

Das eigentliche Gebiet des Erdschias-Dagh reicht von Kaisarie im Norden bis Ewerek im Süden, also etwa 38 *km*, und besitzt fast dieselbe Ausdehnung in westöstlicher Richtung, bedeckt also eine Fläche von etwas über 1300 *qkm*. Gegen Norden findet es seine natürliche Abgrenzung durch die Ebene, in welcher Kaisarie gelegen ist, im Westen durch die Depression, in der die beiden Salzsümpfe, Sazlyk (das heißt Schilfmeer) und Sultan Sazy (das heißt Sultansschilf) liegen, und im Süden durch die Niederung von Ewerek; gegen Osten ist eine natürliche Begrenzung des engern Gebietes nicht gegeben, da die Ausläufer des Kotsch-Dagh, Kilissa Kaja und Maratschak nur ganz allmählich gegen Osten abfallen, doch gibt die letztgenannte Erhebung immerhin einen annehmbarern Abgrenzungs-

---

1) Krebs, Morphog. Skizzen p. 25.
2) Abhandlungen d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1905. 6. Nr. 1.

punkt als den östlichen. Das Gebiet ist, wie auch die weitere Umgebung, durchaus vulkanischen Charakters. Es wird durch eine bedeutende Bodendepression in zwei sehr ungleiche Teile geteilt: ein östlicher, in welchem der 2543 *m* hohe Kotsch-Dagh die höchste Erhebung bildet, und ein westlicher, dem der Erdschias-Dagh (3830 *m* Seehöhe) selbst angehört. Die Depression oder Furche verläuft ziemlich direkt von Norden gegen Süden. Der nördlichste Teil derselben ist offenbar auf Erosionstätigkeit des Wassers zurückzuführen und gewiß erst in späterer Zeit entstanden. Das Gleiche gilt auch von dem südlichen Teile, wenn auch hier die Auswaschungen von geringern Dimensionen sind und nicht so steile Wände geschaffen haben, was sich wohl durch die viel geringere Wassermenge, die diese Schlucht durchfließt, erklärt. Eine äußerlich ganz ähnliche Konfiguration sehen wir auch bei dem isoliert stehenden Illany-Dagh im Nordwesten des Gebietes, nur in bedeutend verjüngtem Maßstabe. Auch hier ist der Haupterhebung gegen Osten zu ein Kamm vorgelagert.

Der Kotsch-Dagh ist nach Penther vielleicht als der Rest eines alten östlichen Kraterrandes anzusehen, dessen innere Westwand nach und nach eingestürzt ist. Es schien dem Beobachter, abgesehen von der Verschiedenheit der ihn bildenden Gesteinsmassen, jedenfalls ein älteres Gebilde zu sein als der Hauptgipfel, wegen seines großen Wasserreichtumes und wegen seiner — damit wohl in Zusammenhang stehenden — reichern Flora und Fauna. Die beiden Erhebungen Kartyn und Pelikartyny sind wohl gewiß als Blocklavaströme aufzufassen. Der alte Krater wäre dann, selbst unter der Annahme, daß der Vulkan mindestens dieselbe Höhe gehabt hätte wie sie der Erdschias-Dagh heute besitzt, mit zu den größten zu zählen, die existiert haben. Im westlichen Teile dieses Kraters erhob sich dann der heutige Erdschias-Dagh, und manche der parasitären Kegel, als Lifos, Ali-Dagh, Illany-Dagh und Karasiwri, wären dann nicht als Nebenvulkane des Erdschias-Dagh aufzufassen, sondern dem alten Kotsch-Dagh zugehörig, da auch sie in einer frühern Periode entstanden sein dürften als die Hauptspitze.

„Ob alle Erhebungen im Gebiete rein vulkanischen Ursprunges sind, ist mir noch zweifelhaft geblieben. Die Eiszeiten, welche fast unsern ganzen Kontinent unter Schnee und Eis vergraben hatten, konnten doch unmöglich, wie Tschihatscheff behauptet, spurlos an dieser bedeutenden Erhebung vorbeigegangen sein. Agassiz führt die Entstehung selbst der jenseits der Ebene von Kaisarie gelegenen Hügelkette auf die glaziale Epoche zurück. Aber wenn man auch einer so weitgehenden Annahme nicht zustimmen kann, da die glaziale Periode in jenem Gebiete nicht von so bedeutender Wirkung gewesen sein kann, so wäre es doch nicht unmöglich, daß die dem Gipfel näherliegenden Erhebungen ihre Entstehung jener Zeit verdanken.

Die mächtigste Gletscherentwicklung wäre gegen Nordwesten und Südwesten gewesen. In ersterer Richtung findet man noch heute — vielleicht als kleinen Rest der frühern Vergletscherung — einen kleinen sekundären Gletscher. Gegen diese Annahme spricht jedoch das Fehlen von Gletscherschliffen und Rundhügeln. Tschihatscheff und noch mehr Hamilton meinen mehrere Gletscher — zumeist auf der Südseite — gesehen zu haben. Aus den kurzen Beschreibungen wird es jedoch nicht unzweifelhaft klar, ob es wirkliche Gletscher und nicht nur Schnee- und Firnfelder waren, wie es den übrigen Ausführungen nach ja scheint, daß der Berg zurzeit ihrer Besteigungen viel mehr verschneit war als im Juni 1902, und daher die Annahme wahrscheinlicher war, daß unter der gewaltigen Schneedecke ein Gletscher verborgen sein müsse. Wenn jedoch die von ihnen erwähnten Gletscher tatsächlich vorhanden gewesen waren, so läßt sich nur annehmen, daß dieselben bei der gegenwärtigen Tendenz des Schwindens aller Gletscher einfach verschwunden sind, zumal dieselben keineswegs groß und mächtig und auf der Südseite gelegen waren.

Von Erdbeben war das Gebiet wohl öfter heimgesucht, doch haben dieselben mit Ausnahme eingestürzter Häuser keine Spur hinterlassen.

Obgleich nur der gegen Osten geöffnete Krater als solcher gewiß angesprochen werden kann, ist es doch nicht ausgeschlossen, daß eine gegen Nordosten gerichtete breite Schlucht oder Mulde einst auch ein Krater gewesen sein mag, wie schon Hamilton bemerkt.“

Das kanadische Prairiegebiet schilderte auf Grund eigener Anschauung Prof. Dr. A. Oppel.[1]) Dasselbe nimmt ungefähr die Mitte des nordamerikanischen Kontinentes ein und unterscheidet sich von den begrenzenden andern Oberflächenstücken nicht nur durch teilweise tiefere Lage, sondern auch durch seine eigenartige Bodenbildung. Im Osten wird es von dem vorzugsweise aus ältesten und alten Gesteinsschichten bestehenden Plateau der großen Seen begrenzt, im Westen reicht es bis an den Fuß des Kordillerensystems, in dem ältere geologische Bestandteile mit jüngern abwechseln. „Nach welcher Richtung man auch das weite Prairiegebiet durchreisen mag, fast überall hat man den Eindruck, als bewege man sich durch eine ungeheuere ebene Fläche. In Wirklichkeit ist dies aber nicht der Fall. Denn nach seiner Höhengliederung stellt sich das Prairiegebiet als eine doppelt geneigte, schiefe Ebene mit zahlreichen, sie überragenden Hügelreihen dar. Nach Norden zu fällt es ganz langsam in der Richtung auf die Hudsonbay ab. Nach Westen hin aber steigt es teils allmählich, teils stufenförmig bis zum

---

[1]) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1905. **28.** p. 221 ff.

Fuße der Felsengebirge an. Die Ränder der Stufen sind durch Hügelreihen bezeichnet, die mit gewissen Abständen in der Richtung von Süden nach Norden aufeinander folgen. Unschwer lassen sich drei solcher Stufen unterscheiden.

Der niedrigste Teil des Prairiegebietes oder seine unterste Stufe wird durch die Talebene des Red River und die nördlich davon gelegene Gruppe der Seen bezeichnet, von denen der Winnipeg, der Winnepegossis und der Manitoba die größten sind. Die geringste Meereshöhe, mit 216 *m*, hat der Spiegel des Winnipegsees. Dann folgen der Manitobasee mit 229 *m*, das Red Rivertal bei Winnipeg City mit 230 *m*, und der Spiegel des Winnepegossis mit 235 *m*. Etwas höher liegen der St. Martinssee mit 242 *m* und der Dauphinsee mit 262 *m*. Diese unterste Stufe des Prairiegebietes wird nach Westen hin durch eine Kette von Hügelgruppen begrenzt, die in nordwestlicher Richtung aufeinander folgen. Es sind die Riding-, Duck-, Porcupine Mountains und die Pasquiah hills. Die Riding-Mountains, im Südwesten des Dauphinsees gelegen, sind nach den Aufnahmen der Geological Survey 610 *m* hoch, die Duck Mountains, nördlich von den vorigen gelegen und von ihnen durch eine schmale Niederung getrennt, steigen, nach derselben Quelle, bis 790 *m* an. Nicht ganz so hoch, bis 760 *m*, sind die Porcupine Mountains, von den Duck Mountains durch die breite Talebene des Swan River getrennt. Die Pasquiah hills endlich erreichen nur 610 *m*.

Die zweite oder mittlere Stufe, welche sich teilweise an den Westfuß der genannten Anhöhen anschließt, hat eine mittlere Höhe von 450 *m* und eine westöstliche Ausdehnung von 440 *km*. Auch sie schließt in westlicher Richtung mit einer Kette von Hügelgruppen ab, welche der gleichen Richtung folgen, wie die vorher genannten. Es gehören dazu, in der Richtung von Süden nach Norden genannt, die Moose Mountains, die Weed hills, die Wolf hills, die Pleasant hills, die Beaver hills, die Touchwood hills, der Nut Mountain und die Greenwater hills, deren Höhen im einzelnen noch nicht bekannt sind. Auf sie folgt die dritte oder westliche Stufe, die sog. Grand Coteau, die sich mit ziemlich starker Neigung von 600 bis 1200 *m* zu den Fußhöhen der Felsengebirge emporhebt. Zu dieser Stufe gehören die Wood Mountains, die Cypress hills, bis 1460 *m* hoch, südlich der Hauptlinie der kanadischen Pacificbahn, die Hand hills 1090 *m*, die Knee hills und die Rocky buttes 945 *m*, die Milk river Ridge 1280 *m*, die Neutral hills 915 *m* u. m. In die lockern Massen der stark geneigten dritten Stufe haben sich die von den Felsengebirgen ostwärts abrinnenden Gewässer tiefe Rinnen eingegraben und dadurch eine reichere Geländebewegung hervorgebracht, als sie auf den beiden andern Stufen beobachtet wird.

Verschiedenartig wie die Höhengliederung, ist auch die geologische Bildung des Prairiegebietes, wobei im allgemeinen das Alter der Schichten in der Richtung von Osten nach Westen abnimmt.

An der Ostgrenze finden sich noch recht alte Gesteine. Namentlich tritt hier das sog. Ordovician in sehr starker Entwicklung hervor. Ein breiter Streifen davon verläuft an den Südgrenzen von Kanada längs der Gebiete des Winnipeg-, Manitoba- und Winnepegossissees nach Norden und wendet sich dann nach Nordwesten. Zu mächtiger Entwicklung kommt namentlich die sog. Trentonformation mit einer Ablagerung von leicht zerreiblichen Sandsteinen, u. a. dem sog. „Winnipegsandstein". Überlagert wird dieser durch eine Kalksteinreihe von hell- bis dunkelgelber Färbung. Das Becken des Winnipegsees wurde längs der Auflagerungslinie der paläozoischen Kalksteinreihe auf dem Archakum ausgewaschen; daher besteht das Ostufer aus Laurentischen, der Boden dagegen und sein Westufer aus paläozoischen Gesteinen. Silur in Form hellgelber und hellgrauer Dolomite findet sich an den Cross Lake Stromschnellen, am untern Saskatchewan, östlich des Winnepegossissees und anderwärts. Devon zieht sich als ein breites Band längs des Manitoba- und Winnepegossissees hin, erleidet bei 53° nördl. Breite eine Unterbrechung, beginnt bei 54° erst schmal, dann geht es breiter werdend weiter und kommt bei dem Großen Sklaven- und Großen Bärensee zu gewaltiger Entwicklung, ihre größte Breite liegt bei 60° nördl. Breite. Im Süden besteht das Devon aus weißlichgelben Kalksteinen und Dolomiten. Während Karbon bislang nicht nachgewiesen ist, nimmt die Kreide einen sehr bedeutenden Raum ein.

Ein breiter Keil kretazeischer Ablagerungen (von 97 bis 115° nördl. Länge) zieht von der südl. Landesgrenze nach NW. bis 61° nörd. Breite und gliedert sich in einen südöstlichen und einen nordwestlichen Teil. Der südöstliche Teil zerfällt in vier Formationen: 1. Dakota F.: dunkle und hellbraune, leicht zerreibliche Sandsteine, z. B. am Red Deer und Rolling River. 2. Benton F.: dunkelblaue bis schwärzliche Schiefertone, z. B. bei Deloraine. 3. Niobara F.: dunkelgraue, bräunliche oder bläuliche Schiefertone, z. B. am Vermillionflusse. 4. a. Millwoodreihe: dunkelgraue oder braune, weiche und leicht zerfallende Schiefertone, und daneben Kalke mit zahllosen Radiolarien, z. B. im Duck- und Porcupinegebirge. b. Odanahreihe: hellgraue, feinspaltende Schiefertone, z. B. am Shoalsee am Assiniboine.

Der nordwestliche Teil der Kreide zerfällt in fünf Formationen: 1. Dakota F : ausschließlich Sandsteine mit Resten einer sehr schönen Flora. 2. Niobara Benton F. (Colorado F.): meist Schiefertone und Sandsteine, oftmals reich an Fossilien, z. B. Peace River, am Loon River und am Athabaska. 3. Belly River Formation: Brack- und Süßwassergebilde mit Ligniten-, Koniferen- und Dikotyledonenresten. 4. Fort Pierre oder Montana F.: Schiefertone, besonders in Athabaska. 5. Laramie F.: Sandsteine, bisweilen Schiefertone, oft Kohle führend.

Die kretazeische und tertiäre Kohle von Kanada zeigt in den östlichen Revieren ihres Vorkommens den Charakter des Lignits, weiter nach Westen hin und bei Annäherung an die Ostabdachung der Felsengebirge wird sie bituminöser und anthrazitartig. Die oberkretazeischen Kohlenfelder werden ausgebeutet in Assiniboia, namentlich am Souris River. Das Hauptflöz ist 270 *cm* mächtig, und die Kohle wird auf einer eigenen Bahnlinie bis zur nächsten Station (Roche-Percée) der C. P. R. gebracht. Das Belly Riverfeld in Alberta liefert ebenfalls Lignit, teilweise auch Anthrazit. Die Mächtigkeit der manchmal stark verworfenen Flöze schwankt zwischen 1 und 5 *m*.

Zum Tertiär gehört die Laramie oder Tertiär-Lignit-Formation in Alberta, wird aber von manchen Geologen noch zu der Kreide gerechnet.

In der Diluvialzeit war das Präiriegebiet völlig vereist. Die daraus entstandenen Ablagerungen sind nach Dawson und Tyrell von unten nach oben: Quarzgerölle und andere Gerölle; unterer Geschiebemergel; interglaziale Ablagerungen mit Torfbildungen; oberer Geschiebemergel; geschichtete Sande; Gerölle und Kiese mit Moorbildungen. Für die Champlainperiode (die zweite der Quartärzeit) sind alte Seeuferlinien und Deltabildungen bezeichnend, so diejenigen des vormaligen Lake Agassiz, eines mächtigen Staubeckens, das einstmals die ganze unterste Stufe bedeckte.

Von diesen „Reliktenseen“ bedeckt der Winnipeg eine Fläche von 24216 *qkm*, der Winnepegossis ist 5340, der Manitoba 4652, der Cedar 728, der Dauphin 512 *qkm* groß. Alle sind sehr flach und in beständiger Einschrumpfung begriffen, die ihrerseits durch die von den einmündenden Flüssen mitgeführten Sinkstoffe gefördert wird.“

Dünen an der provenzalischen Steilküste beschrieb Dr. M. C. Engell.[1] Sie befinden sich an einer einzigen Stelle der Riviera bei Hyères. Dort liegt vor der Küste eine Reihe von Inseln: Giens, Porquerolles, Port Cros und Ile du Levant. Zwischen den Bergen befindet sich eine von den Flüssen verschüttete Alluvionbucht, und die von den Flüssen herbeigebrachten Materialien können sich im Schutze der Inseln niederschlagen. Die Tiefenkurven zeigen, daß das Meer zwischen den Inseln und dem Festlande viel niedriger ist als außen. Sand und Lehm bleiben hier also liegen, und dieser Detritus wird vom Wellenschlage modelliert, wie die Karte es zeigt. Mit östlichem Winde wird ferner der Sand gegen West, mit westlichem Winde gegen Ost geworfen. Auf diese Weise wird ein Doppelrücken zwischen dem Festlande und Giens, der unter den Inseln dem Festlande am nächsten liegt, gebildet. Die östlichen Winde,

1) Globus **87**. p. 149.

die häufiger als die westlichen sind, bewirken, unterstützt von der längs der Riviera von Ost nach West laufenden Küstenströmung, daß der östliche Verbindungsisthmus der kräftigste ist und am meisten den Charakter eines wahren Dünengebietes hat. Die Dünen sind jedoch nur niedrig (3 bis 4 *m*), wie überhaupt im Mittelmeergebiete. Flut und Ebbe fehlen — vom Adriatischen Meere abgesehen —, und die für Dünenbildung günstigen Winde haben nicht dieselbe Konstanz als an der Westküste Europas.

Der Triebsand der Dünen ist von K. Siecknick studiert worden.[1]) Der eigentliche Triebsand der Düne entsteht durch Aufsickern des Wassers im Sande, und zwar erst bei einer Geschwindigkeit des aufquellenden Wassers, welche hinreicht, die Sandkörner anzuheben. Diese Geschwindigkeit ist nur zu erreichen nach einer Auflockerung des gesetzten Sandes, und dieses ist nur unter Staudruck möglich. Letzterer kann und muß bei genügender Durchwässerung in der Düne eintreten. Triebsandstellen treten am häufigsten an die Oberfläche nach der Schneeschmelze wie nach anhaltendem Regen, dann an Stellen stärkster Wasserzusickerung im Boden der Nehrung. Als solche sind anzusehen die Säume der untern Abhänge an der untern Dünenabdachung, also der Westseite der Dünen, die untern Abhänge und die Sohle der Dünenlängs- und Quertäler. Die Tiefe der Triebsandstellen reicht bis zu der Schicht, von welcher aus die Aufsickerung beginnt, kann also unter das Meeresniveau sinken. An den bepflanzten Dünen treten keine Triebsandstellen mehr zutage, da die Pflanzenwurzeln den Boden durchdringen und auflockern; die Absickerung wird durch die Pflanzendecke eine verlangsamte und gleichmäßigere. Die Aushöhlung der sogenannten Triebsandmulde am Westfuße der Hauptdüne erfolgt wahrscheinlich in trockenen Zeiten durch Abwehen des obern trocken gewordenen Sandes bis zu den feuchten Schichten so, daß hier die Bodenoberfläche den Absickerungsbahnen verhältnismäßig am nächsten liegt; hieraus erklärt sich die Häufigkeit der Triebsandstellen in der Mulde. Daß aber der Sand hier fortdauernd beweglich bleibt und bei seiner Feuchte nicht etwa durch natürliche Pflanzenbesiedlung festgelegt wird, das bewirkt hier wieder die Triebsandbildung selber. Das quellende Wasser lockert den Fuß der Düne zum spätern Weiterschreiten mit dem wälzenden Winde, beide Mächte bändigt der Mensch durch seine erfolgreich vordringenden Pflanzungen.

Fossile Dünenformen im norddeutschen Flachland behandelte Dr. F. Solger auf dem 15. Deutschen Geographentage (in Danzig).[2]) Diese Inlanddünen des norddeutschen Flachlandes weichen erheblich

---

[1]) Schriften der physik.-ökonom. Ges. in Königsberg **45**.
[2]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1905. Nr. 7. p. 520.

von den Küstendünen ab. Schon am Südrande des Stettiner Haffes finden wir ihre charakteristischen Formen. Meist lassen sich die mannigfachen Gestalten auf einfache Bogenformen zurückführen. Die Außenseite des Bogens ist nach Osten gewandt. Daneben gibt es auch Strichdünen, die von Westen nach Osten verlaufen. Die Inlanddünen sind meist an die großen Stromtäler der Eiszeit gebunden; wir begegnen ihnen z. B. bei Eberswalde und Joachimstal. In großer Menge kommen sie zwischen Warthe und Netze vor, zwischen den Orten Birnbaum und Czarnikau, bei der Station Kreuz. Die Form der Dünen spricht dafür, daß zur Zeit ihrer Bildung die Ostwinde herrschend gewesen sein müssen, während jetzt in diesen Gegenden West- und Südwestwinde überwiegen. Als das diluviale Eis abschmolz, müssen an seinem Rande Ostwinde geherrscht haben. Sie erzeugten ein Steppenklima, das der Dünenbildung günstig war. Damals muß die steile Leeseite der Bogendünen im Westen gelegen haben, die Strichdünen hatten vermutlich gleiche Böschungen auf beiden Seiten. Die nach Verschwinden des Inlandeises einsetzenden Westwinde haben diese Profilverhältnisse umgekehrt. Heute haben die Bogendünen ihre Steilseite im Osten, die Strichdünen im Norden. Die spätern Winde haben im allgemeinen keine selbständigen Dünenformen im Inlande geschaffen, sondern nur an der Umwandlung der alten Dünen gearbeitet, ohne doch ihre Grundrißformen zerstören zu können. Den Namen „fossile Dünen" könne man diesen Dünen beilegen, weil ihre Entstehung hiernach auf die Zeit unmittelbar nach dem Aufhören der Eiszeit beschränkt gewesen sein muß.

Die Einwirkung der Silvesterflut 1904 auf die mecklenburgische Küste bildet den Gegenstand einer Studie von E. Geinitz.[1]) An jenem Tage machte die See einen erneuten schweren Angriff auf die deutschen Küsten. Dadurch, daß erst vor kurzer Zeit die Verhältnisse der mecklenburgischen Küste festgestellt worden waren,[2]) wurde es Prof. Geinitz möglich, für hier wenigstens teilweise schon jetzt zahlenmäßig die Verluste zu bestimmen und anderseits die Stellen, wo und wie das Land nicht angegriffen ist, sicher anzugeben.

Nach voraufgegangenen Südwest- und Nordweststürmen war der Sturm am 30. Dezember nach Nordost umgesprungen und hatte am 31. die See an den Küsten stark aufgestaut: in Lübeck war der höchste Stand 2,33 *m*, in Wismar 2,60 *m*, in Warnemünde 1,95 *m* über Normal Null verzeichnet.

Bald nach dem Hochwasser, in der Zeit vom 4. bis 26. Januar, beging Verf. mehrfach die Küstenstrecken von der Stoltera bei Warne-

---

[1]) Mitteil. a. d. Großherzogl. Mecklenburg. Geolog. Landesanst. Rostock 1905.
[2]) E. Geinitz, Der Landverlust der meckl. Küste: Mitteil. aus der Großherzogl. Mecklenburg. Geolog. Landesanstalt. **15.** Rostock 1903.

münde, der Rostocker Heide und am Fischlande, die andern Strecken konnte er vorerst noch nicht besuchen.

Als Erfolg der Angriffe der See auf die Küste ergab sich:

Überall, wo Düne den Strand begrenzt, kein direkter Landverlust, wenn auch starke Zerstörung der Düne selbst; Grenze von See und Land ziemlich die alte geblieben; bei dem Steilufer (Klint). dagegen zuweilen meßbarer Landverlust, Vordringen der See resp. des Strandes gegen das Binnenland.

Die Kalahari schildert Dr. S. Passarge in einem großen mit Unterstützung der Preuß. Akademie erschienenen Werke auf Grund eigener und fremder Forschungen: [1])

Das innere Becken der zentralen Hochfläche von Südafrika bildet kein einheitliches Gebiet, sondern setzt sich aus mehrern landschaftlich, topographisch, geologisch und wissenschaftlich recht verschiedenartigen Ländern zusammen. Dazu kommt, daß es zu ganz verschiedenen Flußsystemen gehört, und überdies große Gebiete wohl Flußbetten haben, aber doch nicht entwässert werden, weil sie heutzutage wasserlos sind. Passarge unterscheidet das innere Becken in zwei Zonen, nämlich in das Gebiet der örtlichen Verwitterungsprodukte und in das der sandigen Aufschüttung. Ersteres ist das bedeutend kleinere, und hierher gehören die Hochflächen der Kapkolonie, von Westgrikwaland, Transvaal und der größte Teil des Betschuanenlandes. In der Region der sandigen Aufschüttung tritt anstehendes Gestein gegenüber jungen, vorwiegend sandigen und kalkigen Ablagerungen ganz in den Hintergrund. Das Land ist zum größten Teile abflußlos, nur das Gebiet des obern Sambesi und in beschränktem Maße das des Okavango haben Abfluß zum Meere. Dieses gewaltige Gebiet der nordwestlichen Zone, in dem sandige Ablagerungen den größten Teil der Oberfläche einnehmen, und das eine gleichartige geologische Entwicklung gehabt haben dürfte, möchte Passarge unter dem Namen Kalahari zusammenfassen. „Ursprünglich,“ sagt er, „bedeutet der Name wahrscheinlich nur den Süden des Sandfeldes, und heutzutage noch beschränken Eingeborene und selbst Europäer den Namen auf den Süden. Anderseits hat aber schon Livingstone auch das Sandfeld zwischen dem Bamangwatolande und dem Kwando zur Kalahari gerechnet. Dagegen dürfte die Anwendung auf die Sandfelder des Sambesigebietes und des obern Okavango neu sein.

Nach den Erkundigungen von Franz Müller, dem besten Kenner der Kalahari, sind die Batauana und Bakalahari der Ansicht, daß der Name von einem ehemaligen Häuptling Kalahari herkommt, von dem auch das Volk der Bakalahari seinen Namen habe. Da auch andere

[1]) Passarge, Die Kalahari. Berlin 1904.

Betschuanenstämme nach ihren Führern benannt worden sind, z. B. die Batauana nach Tau, so hat die Erklärung der Bakalahari nichts Auffallendes. Demnach würde das Wort Kalahari das Land der Bakalahari bedeuten. Tatsächlich ist das südliche Sandfeld, also gerade die Kalahari im engern Sinne, das Hauptland dieses Volkes. Es ist aber auch möglich, daß der Name von dem Buschmannwort Karri herrührt. Dasselbe bezeichnet die Salzpfannen und Kalkpfannen des Sandfeldes, daher Makarrikarri = die Salzpfannen der östlichen Kalahari. Tatsächlich schreibt Burchell noch Karrikarri und Bakarrikarri. Schließlich ist auch behauptet worden, Karrikarri heiße: die Peinigende.

Trotz aller Verschiedenheit im äußersten Süden und Norden hat nun aber, wie bereits betont wurde, das weite, öde Sandfeld vom Kongobecken bis zum Oranje so viele übereinstimmende Merkmale und beide so weit entfernte Gegenden gehen so allmählich ineinander über, daß es unnatürlich wäre, dieses geographisch-geologisch einheitliche Gebiet auseinander zu reißen. Deshalb nennt Passarge das ganze Gebiet der sandigen Aufschüttung Kalahari.

Dieses ausgedehnte Gebiet zerlegt Passarge in drei Zonen:

1. Die südliche Kalahari, das zum Orangesysteme gehörige Sandfeld, das in Wirklichkeit abflußlos ist.

2. Die mittlere Kalahari südlich von 18° südl. Br. Sie umfaßt das Salzpfannenbecken, das Okovangobecken und das Ovamboland.

3. Die nördliche Kalahari. Sie liegt zwischen 18° südl. Br. und der Wasserscheide zwischen dem Okavango-Sambesi und dem Kwansa - Kongo.

Was die hydrographischen Verhältnisse der Kalahari anbelangt, so ist das Flußnetz hier wie fast immer einerseits durch die Niederschläge, anderseits durch die Oberflächenformen des Kontinents bedingt. Im allgemeinen nimmt der Regenfall von der Küste Südafrikas gegen das Innere hin ab. Nach den Zusammenstellungen von Karl Dove fällt der meiste Regen in Natal und Transvaal in der Zeit vom November bis März, in Klein-Namaland im Mai und Juni. Da Südafrika sich als gewaltiges Plateau mit gebirgigen, hohen Rändern darstellt, so verlieren die feuchten Seewinde beim Vordringen ins Innere und dem damit bedingten Aufsteigen auf die Höhen ihre Feuchtigkeit und gelangen als trockene Winde auf das hohe Binnenland. Doch fehlen im Innern des Kontinents und in der Kalahari zur Winterszeit Regenfälle keineswegs. Eine merkwürdige und von Passarge besonders hervorgehobene Tatsache ist die Abnahme des Wassers in Südafrika, selbst in historischer Zeit. Passarge stellt alle bezüglichen Daten zusammen und kommt zu dem Ergebnisse, „daß eine Fülle von Beobachtungen nicht nur auf eine Wasserabnahme in historischer Zeit hinweist, sondern daß Ablagerungen, Flußbetten, alte Seeböden auf ein wesentlich anderes Klima und einen sehr viel größern Wasserreichtum schließen lassen.

„Jedenfalls," sagt er, „werden obige Ausführungen genügen, um die Behauptung zu rechtfertigen, daß sich in der Kalahari das Problem der Klimaänderung durchaus in den Vordergrund drängt und mit das Hauptinteresse beansprucht."

Auf die speziellen Schilderungen der geologischen Verhältnisse der einzelnen Regionen kann hier nicht näher eingegangen werden, wohl aber möge die von Passarge ausführlich dargestellte Bedeutung der Bodentiere der Kalahari für die Durchmischung des Sandes mit den Verwitterungsprodukten des Untergrundes hervorgehoben werden. Von diesen Tieren spielen die Säuger nur eine geringe Rolle, eine gewaltige dagegen die Insekten, und zwar hauptsächlich die Ameisen und Termiten. „Indem zersetztes und unzersetztes Material des Untergrundes teils durch Scharren und Graben, wie es die großen Tiere tun, teils durch mühsamen Transport der einzelnen Partikel durch Ameisen und Termiten herausgeholt und an die Oberfläche gebracht wird, zum größten Teile aber wohl unterwegs liegen bleibt, indem ferner die Gänge und Kammern fortwährend einstürzen und aufs neue gegraben werden, entsteht die Durchmischung des Sandes mit den Bestandteilen des Untergrundes. So erklärt es sich auch, warum der Decksand um so reicher an solchen Bestandteilen ist, je weniger mächtig er ist, und warum sie sich bei zunehmender Mächtigkeit ganz verlieren. Um zahlenmäßig ein Bild zu geben von der Intensität der Durchmischung des Sandes mit Material des Untergrundes bei bestimmter Tiefe des Sandes, in bestimmter Zeit fehlt es uns durchaus an Beobachtungsmaterial. Selbst wenn wir annähernd die Menge von Gesteinsbrocken und Verwitterungserde kennen würden, die jährlich pro Quadratmeter auf die Oberfläche gelangt, würde die Rechnung nicht stimmen, da uns für den zweiten wichtigen Faktor der Berechnung, nämlich die unterwegs liegen bleibende Menge von Material, jeder Maßstab fehlt. Wir müssen uns damit begnügen, festzustellen, daß der Decksand mit allen seinen Erscheinungen durch die Tätigkeit der Bodentiere sehr wohl erklärt werden kann. Eine primäre Durchmischung von Sand und Verwitterungsmaterial des Gesteines durch strudelnde Gewässer anzunehmen, ist deshalb durchaus unstatthaft, weil der Sand absolut ungeschichtet ist, und Schotter, Grande und alle sonstigen Anzeichen fließenden Wassers fehlen."

Die Sandhaut ist, wie Passarge mit Bestimmtheit behauptet, ausschließlich ein sekundäres Produkt der wühlenden Tiere. „Wind und Regen zerstören die aufgeworfenen Haufen, der Quarzsand wird durch Windsaigerung von dem leichten humosen, kieseligen und vielleicht auch tonigen Staube befreit und auf der Oberfläche ausgebreitet. So entsteht die ½ bis 2 *cm* dicke, aus ziemlich reinem Quarzsande bestehende Oberflächenhaut. Der Sand erfährt zu gleicher Zeit eine starke Ausgleichung, wie sie stets mit Austrocknen Hand in Hand gehen dürfte. Über die Schnelligkeit, mit der sich die Sandhaut

bildet, kann man sich nur annähernd ein zutreffendes Bild machen. Wir sahen, daß allein durch Termiten auf einer 100 *qm* großen Fläche 50 *l* Erde im Laufe eines Monates ausgeworfen worden waren. In einer einzigen Nacht waren ferner in Kuke auf einem Quadrate von 15 Schritt Seitenlänge 21 Kegel mit 10.5 *l* Erde entstanden. Ist eine solche intensive Tätigkeit auch nicht überall zu finden, so ist es doch sicher, daß streckenweise sehr bedeutende Mengen von Sand — d. h. von 1000 *ccm* pro Quadratmeter und mehr — im Jahre ausgeworfen werden. Ich glaube also eine mäßige Zahl zu wählen, wenn ich als jährliches durchschnittliches Quantum 100 *ccm* Sand pro Quadratmeter Oberfläche annehme.

Bei einer durchschnittlichen Stärke von 1 *cm* würde die Sandhaut pro Quadratmeter 10 000 *ccm* = 10 *l* Sand enthalten. Da nun aber Grasbüsche, Bäume, Sträucher im allgemeinen wohl die Hälfte des Bodens bedecken, darf man nur 5 *l* rechnen. Diese Menge würde bei einer jährlichen Produktion von 100 *ccm* Sand im Laufe von 50 Jahren geliefert werden, bei einer größern jährlichen Produktion in entsprechend kürzerer Zeit, also bei 1 *l* per Quadratmeter in nur fünf Jahren.

Vielleicht ist es von Interesse, sich von der Menge des in der Sandhaut enthaltenen Sandes ein Bild zu machen.

1 *qm* Oberfäche hat durchschnittlich eine Sandhaut von 5 *l* Inhalt, 1 *qkm* (1 000 000 *qm*) demnach 5 000 000 *l* = 5000 *cbm* Sand. Derselbe würde also einen Bahndamm von 2 *m* Höhe, 4 *m* Breite und 625 *m* Länge bilden.

Auf jedem Quadrate von 100 *km* Seitenlänge würde ein aus der Sandhaut gebildeter Bahndamm von gleichem Querschnitte (2: 4 *m*) eine Länge von 6250 *km* haben. Das ist eine Entfernung wie von Johannesburg nach Kairo. Aus der Sandhaut der gesamten Kalahari könnte man aber ca. 150 solcher Bahndämme aufschütten oder einen Damm, der mehr als 23 mal im Äquator (40 070 *km*) um die Erde laufen könnte! Und das alles ist von den Bodentieren gelieferter Sand, und zwar geliefert — ganz bescheiden gerechnet — in 50 Jahren, vielleicht aber auch in sehr viel kürzerer Zeit.

Sehr interessant ist die Frage, was aus der Sandhaut wird. Man kann wohl mit Sicherheit annehmen, daß sie allmählich in der Vegetationsschicht aufgeht. Wie geschieht dies aber?

Der Gedanke liegt nahe, daß die abfallenden Blätter, Grashalme, Zweige usw. sich mit der Sandhaut mengen, und diese so allmählich in die Vegetationsschicht einverleibt wird. Diese Vorstellung ist jedoch unhaltbar. Einmal werden die oberflächlich liegenden vegetabilischen Stoffe schnell zersetzt, fortgeblasen oder gefressen, so daß sie sich kaum mit dem Sande mengen können, vor allem aber sprechen die Beobachtungen gegen solche Auffassung. Niemals findet man eine mit vegetabilischen Substanzen gemischte Sandhaut, die nach unten in die Vegetationsschicht allmählich

übergeht, stets ist die Grenze zwischen beiden scharf, und der Sand rein.

Die Einverleibung der Sandhaut erfolgt vielmehr bei Erneuerung der Vegetation. Gräser und Büsche entwickeln sich auf den vegetationsfreien Sandstellen aus Samen oder Rhizomen neu und erfüllen in ihrem Bereiche die Sandhaut mit Wurzeln, während die oberirdischen Teile der alten Pflanzen zugrunde gehen. Junge Pflanzen ersetzen also fortwährend die alten, die, einmal abgestorben, überraschend schnell zerstört werden durch Tierfraß — besonders Termiten — und bakterielle und pilzliche Zersetzung.

Wie schnell sich Grasbüschel, Sträucher, Bäume erneuern, wissen wir nicht. Von diesem Prozesse hängt aber die Dauer der Sandhaut an jeder einzelnen Stelle ab.

Der Kalaharisand macht wohl den Eindruck eines festliegenden Sandes, allein so absolut stabil ist er doch nicht. An jedem Grasbüschel, jedem Strauche häuft sich die Sandhaut an, so daß diese gleichsam auf einer Anschwellung der Sandhaut stehen.

Wohl werden die Kalkpfannen, die Pfannensandsteinflächen nicht von Flugsand überschüttet, allein von den Rändern her dringt der Sand doch ins Innere vor, und auf der Leeseite jedes Steines, der auf den Pfannensandsteinflächen liegt, findet sich ein Häufchen Sand. Bei starkem Winde sieht man auch, wie der Sand über die Felsfläche gejagt wird. Dabei wetzt er sie ab, die harten Chalcedonknollen leisten Widerstand und werden als rundliche und zerfressene Höcker herausmodelliert.

Die Bewegung des Sandes ist natürlich ein Werk der Winde, allein nicht die Sandhaut wird verschoben, sondern der Sand der tierischen Haufen wird bei der Abtragung ein Stück weit in der Richtung des Windes geweht. Den Betrag dieser Verschiebung zu berechnen, fehlt es uns noch an Beobachtungsmaterial, doch habe ich den Eindruck gewonnen, daß sie nur sehr geringfügig ist. So möchte ich es schon für sehr fraglich halten, ob die Überschüttung der Grauwackenwelle im Chansefeld mit Kalaharisand dem soeben beschriebenen Prozesse zuzuschreiben ist. Ganz unwahrscheinlich erscheint es mir aber, daß derselbe das Andrängen des Sandes gegen die Berge des Ngamirumpfes, das Vorschieben der Sandzungen zwischen den Bergen bewirkt haben sollte.“

Eine merkwürdige Erscheinung bilden die sogenannten Kalkpfannen, runde Vertiefungen im Kalktuff und auf den Sandsteinflächen, in denen sich Wasser findet oder fand. Die Frage nach der Entstehung dieser kraterförmigen Bildungen ist naheliegend, aber schwierig zu beantworten. „Wenn wir uns in der Jetztzeit,“ sagt Passarge, „nach Kräften umsehen, welche die Hohlformen im Kalktuff und auf den Sandsteinflächen geschaffen haben könnten, so werden wir uns vergebens bemühen, irgend welche zu entdecken. Zwar gräbt der Mensch dem oberflächlich verschwindenden Wasser nach

und schafft Brunnenlöcher. Allein die Buschmänner graben nur enge Röhren, um das notwendige Trinkwasser zu gewinnen, und diese können unmöglich zur Bildung der Krater führen. Größere, für das Vieh geeignete Gruben sind erst von Kaffern und Buren angelegt worden, kommen also einmal überhaupt nicht in Betracht, weil erst seit wenigen Jahrzehnten bestehend, sodann wäre es aber auch nicht zu verstehen, wie sich ein solches Wasserloch ohne andere Kräfte zu einem Krater vergrößern könnte. Die Kräfte, welche die Kalktuffkrater geschaffen haben, fehlen heutzutage. Sie waren aber vor 50 bis 60 Jahren noch mit aller Energie tätig. Die gewaltigen Herden großer Säugetiere nämlich, die in frühern Zeiten allnächtlich, namentlich während der Trockenzeit, zur Tränke kamen, sind es gewesen, die die Kalktuffkrater und die leeren Sandsteinpfannen geschaffen haben.

Die alten Reisenden, welche als die ersten Pioniere in das Innere Südafrikas drangen, berichten einstimmig von dem enormen Reichtume jener Länder an großen Säugetieren. Zahllose Herden (nicht Individuen) von Antilopenarten, Elefanten, Rhinozerossen, Zebras belebten damals die Steppen Südafrikas, und zwar alle Teile dieses Kontinents. Aus der Karroo und der Kalahari, aus dem Damaraland, Betschuanaland und Transvaal, vom Zambesi und Kunene, überall lauten die Berichte gleichartig."

Die Zuverlässigkeit seiner Behauptung zeigt Passarge im einzelnen, so daß man ihm beipflichten kann in der Behauptung, daß die zahllosen großen Säugetiere der frühern Zeit sehr wohl imstande gewesen sind, die Krater der Kalkpfannen zu schaffen, einmal durch Ausfuhr von mechanisch suspendiertem Kalkschlamme und von chemisch gelöstem Kalke mit dem Trinkwasser, sodann aber auch durch Zertreten und Zerstäuben getrockneten Schlammes und nachfolgende Abfuhr durch den Wind. Die Kraterbildung wird in großen Zügen folgenden von Passarge gezeichneten Verlauf genommen haben:

„Erste Phase. Die Kalahari war ein mit Wasser reichlich versorgtes Land mit Flüssen und Teichen, die periodisch zu- und abnahmen, ganz so, wie wir es zwischen dem 10. bis 16. Grade südl. Br. im Sambesigebiete heute noch finden. Enorme Massen von Wild bevölkerten das Land, verteilten sich wohl ziemlich gleichmäßig über dasselbe.

Zweite Phase. Die Niederschläge nahmen ab, die Flußbetten trockneten periodisch, dann dauernd aus, ebenso die Vleys im Sandfelde. Damit begann das Zusammendrängen der Tiere in den Gesteinsfeldern, die noch zahlreiche Wasserplätze enthielten, und zwar in Kalkpfannen mit Quellen. Erst in dieser Periode begann wirklich die Einwirkung der Tiere auf die Pfannen. Wahrscheinlich herrschte Schlammausfuhr vor. Sie wühlten den kalkreichen Pflanzenschlamm (Seekreide und gemischter Kalkschlamm) auf und entfernten ihn mit dem Wasser, ebenso den gelösten Kalk.

Dritte Phase. Im Laufe der nun folgenden Periode nahm die Zahl der Wasserplätze und ihr Wasservorrat ab, die Kalkausfuhr aber beständig zu. Denn das Wasser wurde reicher an gelöstem Kalke, die Zahl der Tiere schwoll an, die Schlammausfuhr wuchs. Viele der flachen Pfannen wurden ihrer Tuffdecke völlig beraubt. Gleichzeitig begann aber der Kalkschlamm durch Austrocknen zu erhärten. Infolgedessen traten die Kalkpfannen in

die vierte Phase, der alleinigen oder wenigstens überwiegenden Ausfuhr gelösten Kalkes. In diesem Stadium befinden sich viele Pfannen noch heute.

Die fünfte Phase. Der Abschluß der Entwicklung wird mit der völligen Zerstörung des Kalktuffes erreicht. Bei den Pfannensandstein- und Grauwackenflächen, die von hartem Sinterkalke umrandet sind, ist dieser Zustand eingetreten."

An den Stellen der Kalahari, wo sich Wasser findet, konzentriert sich zu gewissen Jahreszeiten die Tierwelt, Tausende der großen Säugetiere drängen sich hier zusammen, und auch der Mensch wird früher noch als viele Tiere zum Rückzuge auf die Wasserplätze gezwungen. Passarge unterscheidet die Wasserplätze ihrer Natur nach in folgende Kategorien:

1. Flußwasser. Die Flüsse mit dauernd und periodisch fließendem Wasser wurden bereits erwähnt, und daher sei hier nur auf jene Darstellung hingewiesen.

2. Regenwasser. Während der Regenzeit sammelt sich das Wasser an vielen Stellen an, bildet Teiche, ja selbst kleine Landseen — z. B. den Onambondé. Die Niederungen mit Vleysand, die Flußbetten, Brackpfannen, Salzpfannen, Felsflächen, Gesteinskessel, Pfannenkrater und vor allem die Sandpfannen bilden gelegentlich recht unbeständige Teiche. Die Regen fallen einmal nur strichweise, sind sehr unsicher, und das Wasser trocknet durch Verdunstung bei der trockenen Luft und Resorption im Sande sehr schnell ein. So kann man denn niemals auch nur mit einiger Sicherheit auf Wasser rechnen, und selbst während der Regenzeit sind alle diese Wasseransammlungen bald vorhanden, bald fehlen sie. Daher erhält man denn von den Buschmännern auf die Frage nach Wasser stets die Antwort (vorausgesetzt, daß der Befragte ehrlich ist): „als ich vor so und so viel Tagen dort war, war Wasser vorhanden (oder nicht), wie es jetzt steht, weiß ich nicht."

Felslöcher mit Regenwasser von der Form der australischen „rock holes" beobachtete Passarge nie. Höchstens auf Felsflächen zwischen Schichtenköpfen bleibt Wasser stehen. In den Mosseyanbergen waren auf Felsflächen bis 1 Fuß lange, ovale und wohl kaum jemals fußtiefe Löcher vorhanden, die anscheinend durch Verwitterung entstanden und vielleicht rock holes im ersten Stadium der Entwicklung waren.

3. Grundwasser. Grundwasser in dem Sinne wie bei uns gibt

es in den trockenen Teilen der Kalahari nicht. Woh' beg'nnt der Sand bereits in geringer Tiefe feucht zu werden, allein man kann bis zum Grundgesteine hinabgehen, ohne irgend etwas anderes als schwachfeuchten Sand zu finden. Das zeigten die zahlreichen Schächte im Kwebegebiete, die Bohrlöcher in der Totingbucht, in der Massarinyani- und Fischvley, das Brunnenloch im Bette der Groot Laagte. Wilkinson machte dieselbe Erfahrung im Bette des Molopo. Oft beobachtet sind die Fälle, in denen unter feuchtem Sande völlig trockener lag, durch eine schwer durchlässige, vielleicht nur sehr dünne Schicht getrennt.

Die Niederschläge in der südlichen und mittlern Kalahari genügen nicht, um eine Grundwasserschicht zu bilden. Das Regenwasser wird von dem Sande absorbiert und verdunstet zum größten Teile während der langen Trockenzeit. Auch die dichte Vegetation dieser Steppe verbraucht sicherlich einen großen Teil der Bodenfeuchtigkeit. Bedeckt sich doch ein großer Teil der Vegetation bereits während der heißesten und trockensten Monate mit frischgrünem Laube und Blüten. Manche Bäume, wie der Kameldorn, beginnen am Ngami bereits im August zu grünen und zu blühen. Nur da, wo sich das Regenwasser auf relativ undurchlässigem Untergrunde ansammeln kann, bleibt es bestehen, und dort findet man auch Quellen und Brunnen.

So ist es in den mittlern und südlichen Sandfeldern. In der nördlichen Kalahari ist dagegen infolge sehr viel stärkerer Niederschläge der Wasservorrat ein sehr großer. Die Flußbetten sind selbst während der Trockenzeit sumpfig, die überschwemmten Ebenen enthalten auch am Ende der Trockenzeit noch in geringer Tiefe Wasser, Sandpfannen mit dauerndem Teiche sind keine Seltenheit und ebenso wasserhaltige Moore und Moraste mit schwarzem, zum Teile eisenschüssigem Pflanzenschlamme und Humus.

Grundwasser ist auch in dem Alluvialgebiete des Okavangobeckens (z. B. in dem trockengelegten Tauchegebiete und Ngamisee) vorhanden, ebenso im Makarrikarribecken und stammt natürlich von versunkenem Flußwasser ab. Man sieht jedenfalls daraus, daß es lediglich an genügenden Niederschlägen fehlt, und an und für sich Grundwasser auch im Sandfelde möglich wäre.

Artesische Brunnen anzulegen, wäre in der mittlern Kalahari ein vergebliches Unternehmen. Die steil aufgerichteten und zertrümmerten Schichten des Grundgesteines lassen fortlaufende Wasserschichten, wie sie in der Sahara existieren, nicht entstehen.

Anders sollen die Verhältnisse nach Penning in der südlichen Kalahari sein, wo die Schichten flach nach Westen einfallen und ungestörte Lagerung haben. Indes könnten doch nur direkte Bohrungen die Richtigkeit dieser Anschauung bestätigen.

4. Quellwasser. Nur lokal, an geeigneten Stellen kommt es zur Ansammlung und zum Austritte von Quellwasser.

Spaltquellen brechen aus Klüften der Gesteine hervor, und ihr Wasser stammt von Regenwasser, das auf Spalten zirkuliert. Die meisten sind freilich bereits versiegt. Zu den Spaltquellen gehören auch die von Kwebe, die sich deshalb bis jetzt gehalten, zum Teile wenigstens, weil die Klüfte, auf denen das Wasser zirkuliert, mit wasserhaltendem Kalktuff erfüllt sind.

Die Kalkpfannen sind lokale Becken im Grundgesteine, in denen das Regenwasser stehen bleibt und innerhalb des Pfannensandsteines und vor allem des Kalktuffes vor der Verdunstung geschützt wird. In die Kalktuffkrater und die Brunnenlöcher tritt es als Quellwasser ein. Ursprünglich wohl brackig, ist es durch Auslaugung der Salze süß geworden.

Ähnlich ist der Bau der Brackpfannen, nur ist die Schüsselform des Grundgesteines nicht zu beobachten, vielleicht auch nicht vorhanden, aber der Kalktuff hält das Wasser, das freilich recht salzreich und oft als Trinkwasser unbenutzbar ist.

Sandpfannen mit Quellwasser finden sich in den nördlichen Teilen der mittlern und in der nördlichen Kalahari. Welcher Art der Bau der Pfannen in der nördlichen Kalahari ist, ist nicht bekannt. Jedenfalls gehören recht beträchtliche Regen dazu, damit solche Sandpfannen das ganze Jahr hindurch durch Quellwasser gespeist werden können.

Die Sandbrunnen sind die für die Kalahari charakteristischsten und seltsamsten Gebilde. Man versteht unter ihnen Stellen mit feuchtem Sande, in denen der Wassergehalt nicht genügt, um freies Wasser in Brunnenlöcher austreten zu lassen. Die Buschmänner saugen nun das Wasser mit Rohren auf.

Diese Sandbrunnen sind geologisch keineswegs einheitliche Gebilde. Zum Teile sind sie mit Sand bedeckte Spaltquellen, die den Sand durchfeuchten.

Die typischen Sandbrunnen sollen in der südlichen Kalahari sehr verbreitet sein. Nach der Darstellung Mr. Priests liegen sie in rundlichen Vertiefungen oder Flußbetten, die mit trockenem Sande erfüllt sind. Allein unter dem 1 bis 2 *m* mächtigen trockenen Sande liegt feuchter, aus dem das Wasser ausgesogen wird. Eine Tonschicht, die er aber selbst nie gesehen hat, soll unten liegen und trockener Sand folgen. Dagegen hat Müller dieses Verhältnis selbst beobachtet, und Wilkinson beschreibt die dünne Tonschicht in einem Sandbrunnen des Molopogebietes.

Auf diesem Baue beruht die oft beobachtete Erscheinung, daß bei zu tiefem Graben der Brunnen zerstört wird.

Es wäre sehr interessant, einmal genaue Untersuchungen über diese Sandbrunnen und vor allem den Charakter der „Tonschicht“ anzustellen. Derartige, vielleicht aus tonigem, humosem Schlamme bestehende, sehr dünne Lagen (denn dünn und leicht zu übersehen sollen sie sein) können doch nur in Becken mit stehendem, vielleicht

periodisch austrocknendem Wasser sich bilden. Dann müssen während der Ablagerung der Sande Pausen eingetreten sein, in denen der Sand trocken lag und sich in Niederungen solcher tonig-humoser Schlamm absetzen konnte. Man könnte also eventuell aus dem Vorhandensein solcher Sandbrunnen mit Tonlagen als Boden auf periodische Unterbrechungen der Sandablagerung infolge von Abnahme der Niederschläge (Interpluvialzeiten) schließen. Für derartige Schwankungen, wie sie während der Kalkperiode nachweisbar sind, sprechen ja auch andere Anzeichen, und daher könnte das Studium der Sandbrunnen von allgemeinem Interesse sein."

Nach Ansicht von Dr. Passarge lassen die hydrographischen Verhältnisse der Kalahari als fundamentales Gesetz erkennen, daß die Niederschläge in dem ganzen Gebiete von NNO nach SSW abnahmen und seit einer langen Periode in fortschreitendem Rückgange begriffen sind. Als Beweise für dieses Gesetz führt er summarisch folgende Erscheinungen an:

1. „Alle Flußbetten sind versiegt, die nicht im äußersten Norden auf der Wasserscheide gegen Kwansa und Kongo entspringen.

2. Flußbetten mit jährlichem periodischen Wasser finden sich sehr zahlreich im nördlichen Sandfelde. Nach Süden hin führen nur die größten Flußbetten, und auch diese nur ganz unregelmäßig, ausnahmsweise, oft lokal und meist für sehr kurze Zeit Wasser.

3. Die Zahl der Flußbetten ist im nördlichen Gebiete am größten. Nach Süden hin verschwinden sie, nur die größten sind noch gut erhalten, während die kleinern um so rudimentärer und undeutlicher werden, je mehr man nach Süden kommt.

4. In den nördlichen Gebieten weist die Lage vieler Flüsse auf eine ehemalige reichliche Anastomosenbildung und spätern Rückgang der Wassermassen hin.

5. Das Sumpfland des Okavangobeckens ist in schnellem Rückgange begriffen und geht nach SW in das Sandfeld über, während die charakteristischen Oberflächenformen undeutlich werden.

6. Die nördlichen Gebiete haben in großer Zahl Sandpfannen mit dauerndem Wasser, die südlichen nur Regenwasservleys.

7. Den nördlichen Gebieten fehlen dafür die für die trockenen Teile der Kalahari charakteristischen Brack- und Kalkpfannen".

Erdmagnetismus.

Die zu Greenwich von 1882 bis 1903 aufgezeichneten magnetischen Störungen sind von E. Walter Maunder untersucht worden,[1]) wobei vorzugsweise deren Beziehungen zu den Sonnenflecken ins

---

[1]) Monthly Notices **65**. p. 2.

Auge gefaßt sind. Die Ergebnisse, zu denen er gelangt, faßt er in folgende Sätze zusammen:[1])

1. Der Ursprung unserer magnetischen Störungen liegt in der Sonne, nicht in irgend einem Körper, der auf beide Einfluß hat. Dies wird klar aus der Art, in welcher diese Störungen die Rotationsperiode der Sonne markieren, nicht die wirkliche siderische Periode, sondern die synodische Periode, die Periode, wie sie uns erscheint.

2. Die Sonnengebiete, welche unsere magnetischen Störungen entstehen lassen, sind bestimmte und beschränkte Gebiete, wie die Bestimmtheit, mit der gewisse Längen angezeigt werden, beweist. Unsere magnetischen Stürme werden nicht veranlaßt von einer allgemeinen Tätigkeit oder einem Einflusse, der über die ganze Sonnenoberfläche verbreitet ist.

3. Die Gegend der Sonne, in welcher diese magnetisch wirksamen Gebiete gelegen sind, rotiert mit der Geschwindigkeit der hauptsächlich Flecke tragenden Zonen, nämlich der in den nördlichen und südlichen Breiten von 0 bis 30°.

4. Wie früher gezeigt worden, stehen die größten magnetischen Stürme in offenbarem Zusammenhange mit großen Sonnenflecken; die Beispiele von Synchronismus zwischen einzelnen Stürmen und einzelnen Flecken sind zu zahlreich und genau, um zufällig zu sein.

5. Diese aktiven Gebiete auf der Sonne können, wie es scheint, magnetisch aktiv sein vor der sichtbaren Bildung einer Fleckengruppe; sie können auch offenbar fortfahren, magnetisch aktiv zu sein, nachdem die Fleckengruppe verschwunden ist. Es würde somit scheinen, daß die Fleckenbildung eine wichtige Phase in der Tätigkeit dieser Gebiete ist, daß aber andere Phasen dieser Tätigkeit sowohl der Fleckenbildung vorausgehen, als folgen können, gerade so wie die Fackeln den Flecken vorangehen und folgen.

6. Der von der Sonne ausgehende Einfluß, welches auch sein Charakter sein mag, wirkt nicht gleichmäßig nach allen Richtungen. Er strahlt nicht wie Licht oder Wärme, sondern seine Wirkung ist auf eine bestimmte sehr enge Richtung beschränkt. Dies scheint aus einer Betrachtung der charakteristischen „plötzlichen“ (sharp) Bewegung, mit der viele magnetische Störungen und alle heftigern unter ihnen beginnen. Man könnte diese plötzliche und augenblickliche Wirkung, augenblicklich für die ganze Erde, als den Anprall einer Energiewelle erklären, die nach allen Richtungen von der Sonne als Zentrum ausstrahlt, wenn diese Stürme keine Beziehung zueinander hätten. Es ist aber nicht möglich, in dieser Weise eine solche Wirkung zu erklären, wenn sie von andern genau im Intervalle

---

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1905. Nr. 7.

einer oder mehrerer synodischen Rotationsperioden der Sonne gefolgt wird. Eine solche Beziehung kann nur erklärt werden durch die Annahme, daß die Erde von Zeit zu Zeit einer bestimmten Strömung begegnet, einer Strömung, welche, beständig von einem und demselben Gebiete der Sonnenoberfläche gespeist, uns im Abstande der Erde mit derselben Geschwindigkeit rotierend erscheint wie das Gebiet, aus dem sie sich erhebt.

7. Der durchschnittliche Durchmesser dieser Ströme kann geschätzt werden aus der Aufzeichnung der Zeit, welche durchschnittlich ein magnetischer Sturm anhält, nämlich 30 Stunden, in welcher Zeit die Länge des Zentrums der Sonnenscheibe sich uns um 16.5° zu verändern scheint. Dies würde für diese Stromlinien einen durchschnittlichen Durchmesser von 20° ergeben, vorausgesetzt, daß sie kreisförmigen Querschnitt haben. Eine durchschnittliche Stromlinie wird somit etwa $^1/_{130}$ der ganzen Kugel anstatt der gesamten einnehmen, wie letzteres eine magnetische Welle von der Sonne sein müßte, wenn sie sich gleichmäßig nach allen Richtungen verbreiten würde.

8. Es folgt hieraus, daß, wenn die Sonnenflecke der wirkliche Sitz der Energie wären, welche unsere erdmagnetischen Störungen entstehen läßt, alsdann der Mehrzahl derselben unmöglich sein würde, uns zu beeinflussen. Ein ähnlicher Schluß ergibt sich aus der Vergleichung der Anzahl der magnetischen Störungen und der Fleckengruppen; denn während die Tabelle nur 276 Störungen enthält, gibt die Greenwicher Aufzeichnung der Sonnenflecke für dieselbe Periode mehr als 4500 Fleckengruppen, von denen mehr als 600 als beträchtlich bezeichnet werden müssen, da der am wenigsten bedeutende mindestens acht Tage hintereinander sichtbar gewesen und eine mittlere Fläche von 200 Milliontel der sichtbaren Halbkugel der Sonne bedeckte.

9. Es folgt aus dem fünften und achten Satze, daß, obwohl Sonnenflecke und magnetische Störungen innig miteinander verknüpft sind, große Sonnenflecke oft beobachtet werden, wenn keine Störungen wahrgenommen werden, während zuweilen Störungen wahrgenommen werden, wenn keine Flecke sichtbar sind, mit denen sie verknüpft werden können. Das bekannte und oft wiederholte Phänomen „intermittierender Fleckentätigkeit" läßt vermuten, daß in diesem Falle die fleckenbildenden Kräfte möglicherweise noch unter der Photosphäre tätig sind.

10. Die Tabelle, in welcher für die mit den Stürmen in Zusammenhange stehenden Fleckengruppen die kleinsten Abstände ihrer Mitten vom Zentrum der Sonnenscheiben angegeben sind, läßt vermuten, daß die Stromlinien, die von der Sonne ausgehen und die magnetischen Störungen entstehen lassen, nicht notwendig stets völlig radiale Richtung haben."

Über die Ursachen der täglichen und jährlichen Variationen der erdmagnetischen Elemente verbreitet sich Dr. H. Fritsche.[1]) Nach seiner Meinung dürften dabei die Veränderungen der Temperatur der Erdoberfläche und der Atmosphäre die wichtigste Rolle spielen. Geringern Einfluß als die Temperatur haben wahrscheinlich die Elektrizität der Luft, ihr Sauerstoff, welcher paramagnetisch ist, Beschaffenheit des nächstliegenden Bodens usw. Die direkte magnetische Kraft der Sonne scheint auf der Erde nahezu Null zu sein.

An der Hand einer überschlägigen Berechnung zeigt Fritsche nämlich, daß die direkte, magnetische Kraft der Sonne auf der Erde sehr gering ist. „Man hat," sagt er, „schon vielfache, vergebliche Versuche gemacht, eine direkte Wirkung der Sonne als Magnet nachzuweisen. So z. B. glaubte Sabine, aus der täglichen Periode der Deklination einen Beweis dafür gefunden zu haben, obgleich gerade der Gang der Deklinationsnadel während der Tageszeit dagegen spricht, indem nach den von Fritsche mitgeteilten Tafeln der Nordpol der Nadel auf der nördlichen Hemisphäre von morgens bis nachmittags sich von Ost nach West und auf der südlichen von West nach Ost bewegt, was nicht stattfinden könnte, wenn die Sonne als Magnet wirkte, da sie dann gleichgerichtete Bewegungen auf beiden Hemisphären veranlassen müßte. Sabine verglich die beobachteten Deklinationen von vier Orten, — Toronto, Hobarton, St. Helena und Kap der guten Hoffnung — um ca. 7.5^h abends zur Zeit des Winter- und Sommersolstitiums miteinander und fand, daß die Differenzen beider Jahreszeiten um konstant 5 Sek. für die genannten Orte voneinander abwichen. Daraus schloß er irrtümlicherweise, daß dies eine kosmische Ursache haben müsse, und schrieb es der magnetischen Sonne zu, weil die vier Orte ganz verschiedene Jahreszeiten hätten.

Die Deklinationsnadel hat am 1. Juli 8^h abends überall auf der Erde einen östlichern Stand als am 1. Januar 8^h abends. Hieraus schloß Sabine auf eine jährliche Periode in der täglichen und glaubte, daß dies eine Wirkung der magnetischen Sonne sei.

Es ergibt sich aber nach Fritsche, daß die Differenzen keineswegs konstant vom Orte unabhängig sind, wie es eine direkte Wirkung der Sonne als Magnet verlangt, und daß die Konstanz der Vorzeichen daher kommt, daß die Jahreszeiten sowohl als die Bewegungsrichtung des Nordpoles der Nadel zwischen 8^{ha} und Mittag auf beiden Hemisphären umgekehrt und die Amplituden der Nadel in der warmen Jahreszeit größer als in der kalten sind.

Was die Verteilung der magnetischen Kraft auf der Erdober-

---

[1]) Die jährliche und tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente. Publikation VI. Riga 1905.

fläche anbelangt, so berechnet Fritsche aus 120 von ihm tabulierten Werten der totalen Intensität des Erdmagnetismus J, diese für die nördliche Hemisphäre zu 4.92, für die südliche zu 4.98 also fast dasselbe, obgleich auf ersterer $2^5/_7$ mal soviel Land als auf letzterer aus dem Meere hervorragt. Da sich, sagt er, der Hauptsitz der magnetischen Agenzien innerhalb der Erdoberfläche befindet, so wird die Temperatur des Erdbodens mit ihren örtlichen und zeitlichen Veränderungen den Erdmagnetismus beeinflussen, weil ein Magnet von niedriger Temperatur stärker ist als ein solcher von höherer. Die Temperatur des Erdbodens aber steht bei den Kontinenten im engen Zusammenhange mit der der über ihnen lagernden Luft und bei den Weltmeeren mit der kalten Wasserschicht, welche ihren Boden bedeckt. Obschon also auf dem Meere die Erdrinde vom Beobachter etwas weiter entfernt ist, als auf dem Kontinente, so folgt daraus doch nicht, daß die gemessene magnetische Kraft auf dem Meere geringer sein müsse als auf dem Kontinente, da das kalte Bodenwasser die Kraft der Erdrinde erhöht.

Teilt man ferner die Erdoberfläche durch den Meridian von Greenwich in zwei gleiche Teile, so erhält man für die östliche Hemisphäre, welche ca. $2\frac{1}{2}$ mal soviel Festland als die westliche aufweist, im Mittel $J = 5.00$ und für die westliche Hemisphäre $J = 4.96$. Es scheint also, daß die Verteilung von Land und Wasser keinen merklichen Einfluß auf den Erdmagnetismus ausübt, weder in der Richtung der Meridiane, noch der Parallelen.

Wenn man aber die Erdoberfläche in zwei gleiche Hälften zerlegt durch den Meridian 100° östl. v. Gr., in eine östlich davon gelegene, welche Ostasien, Australien, den größten Teil der Südsee und Nordamerikas umfaßt, und in eine westlich vom Meridiane 100° liegende Hälfte mit Westasien, Afrika, Europa, Atlantischem Ozeane, Südamerika und Nordostamerika, so schließt die östliche Hemisphäre beide magnetische Erdpole ein, und ihre Werte von J sind unter allen Breiten größer als die entsprechenden der westlichen Hälfte, insbesondere sind die Intensitäten der östlichen Hemisphäre in höhern südlichen Breiten bedeutend größer als in höhern nördlichen, was darauf hinzudeuten scheint, daß der Erdboden, welcher in der Umgegend des Südpoles teilweise aus eisbedeckten Hochplateaus besteht, dort sehr kalt ist, im Jahresmittel kälter als am Nordpole. Die Lufttemperatur der östlich vom Meridiane 100° (v. Gr.) gelegenen Hemisphäre ist im Jahresmittel ca. 1° niedriger als die der westlichen; außerdem enthält die westliche Hemisphäre nahe doppelt soviel Festland als die östliche.

Erdbeben.

Die Erdbeben und vulkanischen Erscheinungen in Baden. Der badische Landesgeologe Dr. Hans Thürach verbreitet sich hierüber:[1] Der südliche und der nördliche Schwarzwald bilden in Baden zwei Erdbebengebiete. Ein großes Erdbebengebiet anderer Art ist das Rheintal von der Schweiz bis zum Taunus. Es ist das gegenüber den emporgetriebenen Randgebirgen ein ausgedehntes, gleichfalls in der Tertiärzeit entstandenes Senkungsfeld. Noch in der Diluvialzeit haben bedeutende Absenkungen stattgefunden, bei Mannheim und Worms im Betrage von 150 bis 200 *m*. Die ungleichmäßigen Bewegungen der Erdrinde, welche sich als Erdbeben äußern, finden hier hauptsächlich auf den die Rheintalfläche zu beiden Seiten begrenzenden Zonen von Verwerfungsspalten statt, auf der linken Rheinseite von Thann und Belfort über Zabern, Weißenburg und Neustadt bis Grünstadt in der Pfalz, auf der rechten Rheinseite von Basel über Freiburg, Lahr, Oos und Baden, Durlach, Bruchsal, Heidelberg und Darmstadt bis Frankfurt a. M. Besonders scheint auch eine durch die Mitte des Rheintales, ungefähr entlang dem heutigen Rheinlaufe von Breisach über Kehl-Straßburg, Lauterburg, Wörth, Speyer, Mannheim und Worms nach Mainz ziehende Spalte Einfluß auf die Erdbebenbildung zu haben, da gerade diese Orte häufig von Erdbeben heimgesucht worden sind. Doch erstrecken sich die Erdbeben selten durch das ganze Rheintal. Meist zeigen sie sich da, wo sich die Rheintalspalten mit Spalten und Senkungsfeldern kreuzen, die in Südwest-Nordost-Richtung verlaufen und in ihrer Entstehung häufig bis in die Steinkohlenzeit zurückreichen. Man kann dadurch mehrere Erdbebengebiete unterscheiden. Besonders ist Basel häufig von starken Erdbeben heimgesucht worden, und die Erdbeben haben sich von da zuweilen über Schaffhausen, den Hegau und dann die Donautallinie entlang bis Wien erstreckt. Basel und Wien hatten schon einige Male gleichzeitig starke Erdbeben. Ein anderes Erdbebengebiet liegt zwischen Belfort, Mülhausen und Freiburg. Schwächere befinden sich zwischen Zabern, Hagenau, Lauterburg, Karlsruhe und Bruchsal, dann zwischen Landau, Neustadt, Speyer, Mannheim, Heidelberg und Schriesheim, während die Gegend von Mainz, Wiesbaden, Großgerau und Frankfurt wieder häufiger und stärker von Erdbeben heimgesucht worden ist.

Eine eigentümliche, dem bayerischen Pfahl in der Gegend von Amberg, Cham und Freyung im Bayerischen Walde, sowie dem Thüringerwalde und Frankenwalde annähernd parallel verlaufende Erdebenlinie erstreckt sich in Westnordwest - Ostsüdost - Richtung aus der Gegend von Saarbrücken und Kusel über Langenkandel,

---

[1]) Erdbebenwarte. 1905. 4. p. 188.

Karlsruhe, Pforzheim, Stuttgart, Ulm, Augsburg und München bis nach Österreich hinein. Wo sich an den genannten Orten diese Linie mit Spaltensystemen in Südwest-Nordost-Richtung kreuzt, sind schon häufig und gleichzeitig Erdbeben aufgetreten.

Nun entspricht in geotektonischer Hinsicht das sächsische Erzgebirge dem nördlichen Schwarzwalde, die südwestlich streichenden Spaltensysteme des sächsischen Vogtlandes (Plauen, Hof) verweisen auf diejenigen im Untergrunde des Kraichgaues, bei Karlsruhe, Langenkandel und Weißenburg. Diejenigen im Süden des Erzgebirges und Fichtelgebirges (Karlsbad, Eger, Redwitz) stehen mit solchen im mittlern Schwarzwalde, bei Freiburg und in der Senke von Mülhausen und Belfort im Zusammenhange. In der Durchkreuzung der Gebirgslinien des Thüringerwaldes mit dem Erzgebirge im östlichen Teile des Fichtelgebirges liegt ein ausgedehntes Erdbebengebiet. Und als vor zwei Jahren dort wiederholt Erdbeben stattfanden, sind solche auch in dem entsprechenden Gebiete von Langenkandel-Karlsruhe aufgetreten, während die dazwischenliegenden weiten Gebiete der fränkischen Schichtentafel bis auf einzelne Spalten (Kulmbach) völlig ruhig bleiben. Es ist also zwischen den Erdbeben im sächsischen Vogtlande und im Fichtelgebirge und denen bei Karlsruhe ein gewisser Zusammenhang vorhanden.

Auch starke vulkanische Ausbrüche haben zuweilen in weit entfernten Gegenden ein Aufflammen der vulkanischen Tätigkeit zur Folge. So haben vor einigen Jahren bei den gewaltigen Eruptionen in Westindien eine große Zahl von Vulkanen bis nach Hochindien hinein ihre Tätigkeit wieder begonnen. Und Spuren davon haben sich anscheinend auch in Baden gezeigt. Als es nämlich nach den großen Ausbrüchen in Westindien im Mai 1903 bei uns empfindlich kalt wurde, ist es in den Tälern des Kaiserstuhles, dem gewaltigsten, jedoch als erloschen geltenden Vulkane Badens, auffallend warm geblieben. Eine Erklärung dafür bietet die Annahme, daß die vulkanischen Ausbruchsröhren im Kaiserstuhle noch weit herauf, vielleicht bis ein paar Hundert Meter unter der Oberfäche, offen sind, und daß auf diesen Ausbruchsröhren und auf Spalten gleichzeitig mit den amerikanischen Eruptionen heiße Dämpfe aufgestiegen sind, welche den Untergrund bis zur Oberfläche über die normale Erdtemperatur erwärmten. (?) Sollten sich wieder starke Vulkanausbrüche ereignen, so könnte sich diese Erscheinung im Kaiserstuhle wiederholen. Es würde dann von hohem wissenschaftlichen und vielleicht auch praktischen Interesse sein, in einigen 20 bis 50 *m* tiefen Bohrlöchern im westlichen Teile dieses Gebirges, wo vermutlich die letzten Eruptionen stattfanden, Temperaturmessungen vorzunehmen. Die letzten vulkanischen Ausbrüche am Kaiserstuhle datieren vor der mittlern Diluvialzeit. Ob der Vulkan aber deshalb bis in große Tiefen hinab völlig erkaltet, bzw. erloschen ist, er-

scheint zweifelhaft. Doch sind neue Ausbrüche am Kaiserstuhle nicht wahrscheinlich.

Das Erdbeben vom 23. Oktober 1904 in Norwegen ist von K. F. Kolderup in zwei Abhandlungen untersucht worden.[1]) Es ergibt sich daraus, daß jenes Erdbeben nicht nur das stärkste, sondern auch das am weitesten verbreitete Erdbeben ist, das in geschichtlicher Zeit Norwegen erschüttert hat. Das Material, das als Grundlage für diese Abhandlung diente, ist auch das umfangreichste, das je in Norwegen gesammelt worden ist.

Das Erdbeben wurde beinahe über das ganze südliche Norwegen bemerkt, eine schmale Zone an der West- und Nordwestküste blieb jedoch unberührt. Die Nordgrenze liegt am Namsos. In Schweden wurde das Erdbeben von Skaane im Süden bis nach Sollefteaa im Norden bemerkt. In Dänemark scheint das Erdbeben nur im nördlichen und östlichen Jütland und auf mehrern der dänischen Inseln (z. B. Seeland und Fünen) beobachtet worden zu sein. Auch an der Süd- und Ostküste der Ostsee hat man die Erschütterung gefühlt, so z. B. in mehrern Orten in Pommern und Preußen und auch in Kurland, Livland und Estland, sowie in der Umgegend von Helsingfors. Die größte Länge dieses Gebietes zwischen Stettin im Süden und Namsos im Norden beträgt ungefähr 1100 *km* und die größte Breite zwischen der norwegischen Küste im Westen und Helsingfors im Osten ungefähr 1000 *km*. Das ganze Areal erstreckt sich über ungefähr 800 000 *qkm*.

Es war dies das makroseismische Gebiet. Das Erdbeben wurde indessen an vielen Erdbebenstationen außerhalb dieses Gebietes registriert, so in Edinburgh, Hamburg, Göttingen, Straßburg, Florenz, Padua, Pavia, Rocca di Papa, Ischia, Laibach, Leipzig, Potsdam, Dorpat und St. Petersburg. Dagegen wurde es an der Station über der Insel Wight nicht registriert.

Das Studium der norwegischen Zeitangaben, von denen leider nur wenige genau sind, ergab das folgendeResultat: Die frühesten Zeitangaben stammen aus der Südwestküste Smaalenenes, dem südlichen Teile von Jarlsberg und Larviks Amt und der Ostküste Bratsbergs. Sie zeigen ungefähr $11^h\ 27^m$ an. Von Christiania liegen vier genaue Zeitangaben vor, nämlich $11^h\ 27^m\ 20^s$, $11^h\ 27^m\ 35^s$, $11^h\ 27^m\ 50^s$ und $11^h\ 27^m\ 55^s$; wahrscheinlich liegt die zweite Angabe der wahren Zeit am nächsten. In Elverum nördlich von Christiania ist $11^h\ 28\frac{1}{2}^m$ notiert, und von Drontheim geben zwei Berichte $11^h\ 29^m$ und zwei andere $11^h\ 30^m$ an. Wahrscheinlich ist das Erdbeben dort einige Sekunden früher als $11^h\ 30^m$ eingetroffen. Aus dem west-

[1]) Jahrbuch des Museums von Bergen 1905. Heft 1 u. 4. Die Erdbebenwarte Jahrgang 4. p. 105 ff.

lichen Norwegen hat man die folgenden genauen Zeitangaben: Vossevangen 11h 28m 48s, Dale Station 11h 29m, Eksingedalen 11h 29m, Bergen 11h 29m 15s, Stavanger 11h 29m. In Dale, Sondfjord und Nordfjordeid wurde das Erdbeben zwischen 11h 29m und 11h 30m beobachtet.

Wenn man bedenkt, wie unsicher die Zeitangaben sind, muß man sehr vorsichtig sein, wenn man Isochronen konstruieren will. Professor Deecke hat versucht, solche Isochronen zu zeichnen, und ist zu dem Resultate gekommen, daß diese Isochronen langgestreckte, gegen Nordwest gerichtete ellipsoidische Kurven bilden. Er ist indessen von der Voraussetzung ausgegangen, daß das Erdbeben in Bergen 11h 30m und in Drontheim 11h 29m eintraf. Das jetzt bearbeitete Erdbebenmaterial ergibt indessen, daß das Erdbeben in Bergen 11h 29m 15s und in Drontheim einige Sekunden früher als 11h 30m eintraf. Die Kurve bekommt hierdurch eine andere Form. Feste Punkte für die Isochrone für 11h 29m scheinen Dale Station, Stavanger, ein Ort im nördlichen Schonen, Upsala und ein Ort im nördlichsten Teile von Hedemarkens Amt zu sein.

Es geht aus den Mitteilungen der auswärtigen Erdbebenstationen hervor, daß das Hauptbeben zu den folgenden Zeiten eingetroffen ist: Leipzig 11h 30m 4s, Hamburg 11h 29m 41s, Göttingen 11h 30m 14s, Potsdam 11h 30m 27s, Dorpat 11h 30m 30s, Laibach 11h 31m 35s, Edinburgh 11h 31m 35s und Straßburg 11h 33m 35s. Wenn diese Zeiten mit dem, was nach der geographischen Lage der Stationen zu erwarten wäre, nicht stimmen, so kommt das vielleicht davon, daß die verschiedenen Apparate aller Stationen nicht die ersten schwachen Bewegungen registriert haben.

Da nur die stärksten der von den Seismographen registrierten Schwingungen von Menschen gefühlt werden, muß man die oben erwähnten norwegischen Zeiten mit den Zeiten für den Anfang der maximalen Schwingungen der Erdbebenmesser vergleichen. Das Maximum wurde zu den folgenden Zeiten erreicht: Potsdam 11h 31m 2s, Leipzig 11h 31m 30s, Dorpat 11h 31m 36s, Hamburg 11h 31m 50s. Göttingen 11h 32m 30s, Straßburg 11h 34m 20s, Laibach 11h 34m 34s und Edinburgh 11h 35m.

Als ein Hauptresultat des Studiums der Zeitangaben ergibt sich: Das Erdbeben muß im innern Teile des Skagerraks einige Sekunden früher als 11h 27m, wahrscheinlich schon 11h 26m 45s, begonnen haben.

Wie man aus den Karten, welche der Gesamtarbeit beiliegen, sieht, hat das Erdbeben in der am stärksten erschütterten Zone durchgehends die Stärke VIII (Rossi-Forel) erreicht. Diese Zone umfaßt die Küstenstrecke am innern Teile des Skagerraks und sendet von hier aus Ausläufer die Täler des Skiensflusses und den Christianiafjord entlang. Diese eigentümliche Form ist entweder von alten Bruchlinien, längs deren das Erdbeben sich mit unver-

änderter Stärke fortgepflanzt hat, bedingt, oder die Erschütterung wurde in diesen niedrigen Gegenden stärker gefühlt, weil sie mit loserm Materiale bedeckt sind.

Nördlich und westlich von diesem Gebiete findet man eine Zone, wo die Stärke sehr oft VI oder VII erreicht, wo man indessen auch, namentlich im Norden, Stellen findet, an denen die Stärke nur IV und V ist.

In dem norwegischen Hochgebirge wurde das Erdbeben entweder nicht gefühlt, oder es war verhältnismäßig schwach.

Gehen wir weiter gegen Westen, so finden wir, daß das Erdbeben in den innern Teilen der westnorwegischen Fjorde erheblich stärker war.

Sonst hat das Erdbeben im westlichen Norwegen ungefähr die Stärke IV und V gehabt. Eine Ausnahme bildet die äußerste Küstenstrecke, wo es überhaupt nicht gefühlt wurde.

Das Erdbeben wurde auch auf der See beobachtet; es war besonders der Fall im Skagerrak und in dem Christianiafjorde, wo man auf mehrern Schiffen den Eindruck hatte, als ob das Schiff auf Grund geraten wäre; auf andern war es, als ob man den Anker in tiefem Wasser fallen ließe, und die Kette schnell ausliefe.

Auch in den Seen und Flüssen in den zwei am stärksten erschütterten Zonen wurde das Wasser bewegt, und in mehrern Fällen entwichen Luftblasen, und Fische hüpften aus dem Wasser.

Im westlichen Norwegen wurde das Wasser im innersten Teile des Sognefjords bei Aurland und Gudvangen bewegt. Wie erwähnt, war das Erdbeben auch auf dem Lande hier ziemlich stark.

Den Charakter der Bewegung betreffend ist zu bemerken, daß die meisten Beobachter die Bewegung als wellenförmig aufgefaßt haben, einige sprechen nur von schwachem Zittern und andere (namentlich in der am stärksten erschütterten Zone) meinen, daß die Bewegung stoßförmig war. Von den letztern haben einige horizontale, andere vertikale Stöße beobachtet.

Die Zahl der Erschütterungen war an einigen namentlich in der innern Zone liegenden Orten vier und drei, an andern Orten zwei und an den meisten Orten im westlichen Norwegen nur eine.

Die Dauer der Bewegung wird von den verschiedenen Beobachtern verschieden angegeben. Ein guter Beobachter in Christiania, der die Bewegungen der Pflanzen in seinem Zimmer studierte, fand, daß die Dauer mindestens 6 bis 7 Minuten betrug.

Die genaue Kenntnis der Bewegung und Dauer gewinnt man aus den Seismogrammen der auswärtigen seismologischen Stationen, von denen Verf. eine Zusammenstellung gibt.

Das große Erdbeben am 23. Oktober ist von einem Erdbebenschwarme begleitet gewesen. Die erste kleine Erschütterung traf am 22. Oktober ein, und die seismische Unruhe setzte sich selbst im neuen Jahre fort. Die eben erwähnten Erschütterungen traten,

wie sich ergab, in der Umgegend von dem vermuteten Epizentrum auf, und da diese Gegenden sonst nicht von Erdbeben berührt sind, stehen diese Erschütterungen zweifelsohne in genetischer Verbindung mit dem großen Erdbeben. Da dies aller Wahrscheinlichkeit nach ein tektonisches Erdbeben ist, liegt somit ein Beispiel vor, daß die Spannung nicht mit einem Male ausgelöst wurde. Daß der Herd dieser Auslösung im innern Teile des Skagerraks lag, ergibt sich aus dem Studium der Zeitangaben, der Stärke, der Fortpflanzung, der Unruhe auf der See und den kleinen begleitenden Erschütterungen.

Das skandinavische Erdbeben vom 23. Oktober 1904 und seine Wirkungen in den südbaltischen Ländern ist von Prof. W. Decke untersucht worden.[1]) Die Schlußergebnisse dieser Untersuchung sind folgende:

Das im Skagerrak entstandene tektonische, mit dem Bruchsysteme des Christianiafjordes und Skagerraks genetisch verbundene Erdbeben hat sich mit seinen letzten schnellen Wellen über ganz Deutschland ausgebreitet, so daß dieses und ein Teil der Alpen in die mikroseismische Zone gehört. Makroseismisch ist der Stoß in den Landstrichen südlich und östlich des Ostseebeckens beobachtet, aber meistens nur in der Küstenzone. In Pommern ist Stettin bisher der südlichste Punkt. Während aber die Südwestecke der Ostsee in Holstein, Hamburg, Lübeck, vielleicht auch Mecklenburg und sicher Vorpommern keine makroseismische (d. h. ohne Instrumente wahrnehmbare) Bewegung zeigte, hat die hinterpommersche und preußische Küste von Kolberg bis Riga alle gewöhnlichen Anzeichen eines schwachen Erdstoßes von der Klasse II der Forel-Rossischen Skala geliefert. Derselbe verschwindet landeinwärts an dem pommerschen Landrücken. Die Kurven fühlbarer Erschütterungen, die in Skandinavien gegen Nordost gestreckt sind, erleiden im südwestlichen Abschnitte des Baltikum eine auffällige Verengerung in westlicher Richtung.

In Pommern und Preußen trat das Erdbeben durchaus gleichförmig auf, und zwar in Form einer leichten Erschütterung, wie wenn ein Lastwagen über das Pflaster fährt. Schaden ist nirgends geschehen. Die Beobachter hatten ein rasch vorübergehendes Schwindelgefühl und die Empfindung, auf ganz schwach bewegter See zu sein; Hängelampen, Blumenwedel, Ampeln, Gewichte der Uhren pendelten hin und her, gelegentlich wurde ein Geräusch wie von einem rollenden Wagen vernommen, ganz vereinzelt ist ein leichter Gegenstand um- oder herabgefallen. Bemerkenswert ist, daß fast alle Beobachter im Zimmer saßen, mit Lesen oder Schreiben

[1]) IX. Jahresbericht der geogr. Gesellschaft in Greifswald 1903—1905. p. 135 ff.

beschäftigt. Im Freien hat kaum ein einziger etwas gemerkt, ein Zeichen, wie schwach die Bewegung war. Befördernd für die Beobachtungen wirkte, daß sie Sonntag Vormittag erfolgen konnten, wo sich viele Personen zu Hause mit schriftlichen Arbeiten abgeben, und daß am Sonntag kein Lastwagenverkehr stattfindet; denn sonst hätten die meisten die Erschütterung in Gedanken sofort auf solche Ursache zurückgeführt und unbeachtet gelassen. Das Barometer scheint gleichmäßig im Steigen gewesen zu sein. Das Meer hat nur ganz schwach auf das Beben reagiert; denn bei Arkona und Swinemünde war keine, bei Danzig nur eine unbedeutende, bald wieder einebbende Anschwellung nachweisbar. In der Hinsicht verhält sich dies Beben in unsern Gegenden anders als das Lissaboner, welches freilich ungleich heftiger auftrat.

Ganz genaue Zeitangaben fehlen leider. Die vorhandenen genügen jedoch vollständig, um zusammen mit den Seismogrammen der entferntern Orte die pommerisch-preußische Erschütterung auf Skandinavien zu beziehen. Nach den Kurven gleicher Zeiten und der Beobachtung des Stoßes in Lund um 11h 29m 40s war in Pommern das Beben um 11h 30m 30s zu erwarten. In Potsdam liegt das Maximum bei 11h 31m 2s — 49s, in Leipzig 11h 31m 30s. Damit stimmt die oben angegebenen pommerschen Zeiten überein. In Zanow schlug die Uhr unmittelbar nach dem Stoß ½12. Die übrigen Zahlen weichen nach unten und oben ab. 11h 27m ist zu früh für Saßnitz, 11h 34m zu spät für Hinterpommern, da damals die Welle bereits in Laibach angelangt war; 11h 32m für Memel ist auch ein wenig zu spät, weil das Maximum schon in Dorpat war, aber immerhin ziemlich genau. Die Entfernung Lund — Potsdam beträgt ca. 360 *km*. Die Zeitdifferenz ist 82 Sekunden, so daß eine Geschwindigkeit der Welle von 4.4 *km* herauskäme.

Endlich ist zu bemerken, daß in Hinterpommern mehrere Beobachter von kurzem, wiederholtem Ruck sprechen, was mit den Seismogrammen und den Angaben Svedmarks, daß mehrere Stöße erfolgt seien, stimmt.

Übrigens hat es bei diesem Hauptbeben in Skandinavien sein Bewenden nicht gehabt. Am Nachmittage traten weitere schwächere Erschütterungen ein: am 25. Oktober 6h 10m p. m. wurde eine solche beim Leuchtturm Strömtangen registriert, am 26. Oktober 6h 27m a. m. eine solche im südlichen Teile des Amtes Smalenene bei Frederikstad an der schwedisch-norwegischen Grenze. Noch am 18. November 3½h a. m. ist die Gegend von Ullensåker und Eidsvold durch zwei aufeinanderfolgende Stöße erschüttert, die stärker waren als am 26. Oktober. Es handelt sich also, wie Svedmark mit Recht bemerkt, um einen Erdbebenschwarm, der mit einem heftigern Stoße beginnen oder nach längern schwächern Beben mit einem solchen schließen kann. Typus dieser Erscheinung sind die von H. Credner so trefflich geschilderten Bebenschwärme des Vogtlandes in Sachsen.

Das Erdbeben am 4. April 1905 in Vorderindien. Am Morgen dieses Tages wurde ein großer Teil Hindostans von einem starken Erdbeben heimgesucht, welches dort entsetzliche Verheerungen angerichtet hat. Bis jetzt liegen natürlich erst Zeitungsberichte über dieses Ereignis vor, die der Lage der Sache nach in der Eile und meist von nicht fachlich unterrichteten Reportern herrühren. Nachfolgendes ist eine vorläufige Zusammenstellung der zuverlässigsten Nachrichten dieser Art. Der Zentralpunkt der Erdstöße scheint die Gegend von Dharmsaleh und Kangra an den südlichen Ausläufern des Himalajagebietes gewesen zu sein. Das in Indien erschütterte Gebiet besteht aus zwei verschiedenen Teilen, Hügelland und Ebene. In ersterm, das die größte Heftigkeit des Stoßes auszuhalten hatte, ist die Bevölkerung dünn verteilt, wenngleich größere Ortschaften hauptsächlich um die Wohnstätten der Behörden, die Truppenplätze und die Luftkurorte entstanden sind. Dharmsaleh, Dalhousie und Simla mit den benachbarten Plätzen Mussuri, Dehra Dun, Almora, Ranikhet und Nainital sind die wichtigsten dieser Ortschaften. Es befinden sich dort zahlreiche öffentliche und private Steinbauten, die bei Erdbeben in erster Linie gefährlich sind. Eine andere Gefahr bieten die Erdrutsche, wie diejenigen, die die Straße nach Dharmsaleh beschädigt haben. Weil die Abhänge der Berge Risse aufweisen, ist Schlimmes noch zu befürchten, wenn Regen fällt.

Der andere Teil des Erdbebengebietes erstreckt sich südlich von dem Kangratale. Es ist eine weite gleichmäßige Ebene mit manchen großen Städten und Ortschaften, in denen sich vielfach die Baudenkmäler aus der Zeit der großen mohammedanischen und indischen Herrscher erheben. Amritsar und Lahore, von Dharmsaleh aus die bedeutendsten dieser Städte, haben schwer gelitten, wenn auch in geringerm Maße als Dharmsaleh selbst und Palampur. Eine Nachricht, daß die auf dem Grunde eines Kanalbaues bei Delhi weilenden Arbeiter kopfüber umgeworfen wurden, klingt nicht unglaublich, wenn man vernimmt, daß in dieser Stadt ein 75 *m* hohes und unten beinahe 15 *m* im Durchmesser breites Minaret umgestürzt ist, dessen oberer Teil schon 1803 weggefegt worden war.

In dem Erdbebengebiete kamen bis zum 9. April noch häufige Bodenstöße vor, und die Bewohner, die sonst die häufigen Erdstöße leicht nehmen, lebten in fortwährender Angst. Ein Versuch, den geographischen Umfang des Erdbebens genau zu bestimmen, ist noch vergeblich, da noch keine Nachrichten aus dem Osten eingegangen sind. Aus der Landschaft Kulu nordöstlich von Simla trafen Meldungen ein, wonach die Europäer in den Orten Kulu, Palampur, Dehra Tehsilo und Hamirpur am Leben sind. In Kulu waren die Stöße so heftig, daß die aus ihren Wohnungen fliehenden Menschen sich an Bäume anklammern mußten, um nicht weggehoben zu werden. Eingeborene, die aus dem Innern in Simla eintrafen, berichteten, daß in den Hügeln des Staates Baschahr vulkanische

Ausbrüche stattgefunden hätten. Die Bestätigung dieser Nachricht bleibt abzuwarten. Laut neuern Meldungen sind in dem Bezirke Palampur etwa 3000, im Bezirke Kangra 10 000 Menschen umgekommen.

Die Zahl der in Dharmsaleh umgekommenen Europäer wird auf 20 angegeben, Männer, Frauen und Kinder. In dem Orte, der sich über eine Reihe von Hügeln hinzieht, lag eine starke Besatzung von Gurkha, von denen nahezu 500 verunglückt sind. Hauptsächlich das 7. Gurkharegiment ist betroffen; es hat von seinem Bestande von 912 Mann (mit 13 britischen Offizieren und 1 Arzt) mehr als ein Drittel verloren. Die Mannschaften stammen aus dem Bezirke Assam. In dem Basarviertel sollen 1000 Indier umgekommen sein; unter den Bewohnern der Umgegend der Stadt soll der Verlust 20 bis 30 % betragen. Der Verlust an Europäern wäre viel größer, wenn das Erdbeben eine Woche oder zwei später stattgefunden hätte. Um Mitte April nämlich pflegen die Beamtenfamilien aus einer weiten Umgebung sich in dem hochgelegenen kühlen Orte einzufinden, um den Sommer dort zu verbringen. In Dschallandar rüstete sich schon eine Anzahl Familien zum Aufbruche nach Dharmsaleh. Gegenwärtig ist der Ort wieder mit dem Telegraphen verbunden. Die Toten wurden neben ihren Wohnungen begraben oder verbrannt; als Brennstoff wurden die Balken und Dielen der Häuser benutzt.

Natürlich haben die seismographischen Instrumente außerhalb Indiens das Erdbeben registriert. Die kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg teilt folgendes mit: Das verheerende Erdbeben, das am Morgen des 4. April einen großen Teil des Indus- und Gangesgebietes heimgesucht hat, ist von den Beobachtungsinstrumenten, die im Observatorium der Hauptstation (Universitätsgarten) aufgestellt sind, mit großer Schärfe aufgezeichnet worden; es gehört also in die Zahl derjenigen Erderschütterungen, deren Wellen in einer für die empfindlichen Apparate genügenden Stärke die ganze Erdkruste durchlaufen. Das Aufzeichnungsbild der Bewegungen dieses Erdbebens zeichnet sich derart durch die Größe der Ausschläge aus, zu denen sie die Schreibstifte des Apparates „Vicentini“ anregten, daß mit ziemlicher Sicherheit zerstörende Wirkungen der Erderschütterung vermutet werden konnten, falls sich ihr Herd auf dem Festlande befand; dies ist nun in der Tat der Fall gewesen. Die ersten feinen Schwingungen, die „Vorbeben“, trafen in Straßburg zwei Stunden nach Mitternacht ein, 1h 58m 26s M E Z. des 4. April. Da nun erfahrungsgemäß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen etwa 14 *km* in der Sekunde beträgt, so fand in dem 6500 *km* entfernt gelegenen Agra das Beben um 464 s, also um 7m 44s früher statt, d. h. 1h 50m 42s M E Z. oder, da Agra auf 78° östl. L. liegt, um 6h 13m Ortszeit. Dazu stimmen die eingetroffenen Angaben, nach denen das Erdbeben am 4. April

früh morgens um 6h 10m eintrat. Länger als 1h 30m dauerte die Aufzeichnung der langen Wellen, die durch jenes Erdbeben in der Erdrinde erregt waren.

Der Seismograph des astrophysikalischen Institutes auf dem Königsstuhle meldete die ersten Bodenschwankungen gegen $1^3/_4$h MEZ Dienstag Nacht. Kurze Zeit darauf kam eine Reihe heftiger Erdstöße, deren stärkster (um 2h) die 33 Zentner schwere Pendelmasse nach Osten zu aus der Gleichgewichtslage herausschleuderte und gegen die Sicherung warf. Ein zweiter, fast 5 Minuten später eintreffender, ebenfalls sehr heftiger Stoß warf die Masse fast wieder in die Ruhelage zurück. Die letzten schwachen Erderschütterungen wurden gegen 2½ Uhr aufgezeichnet. Bei der hohen Empfindlichkeit des Seismographen entsprechen den registrierten Ausschlägen Bodenschwankungen von 1 bis 2 *mm*. Auch sonst machte sich das Erdbeben bemerkbar. Eine der Pendeluhren des Institutes, die in der Richtung schwingt, aus der die Erdstöße kamen, verlor 2 Sek. Ferner verlief sich das seit Wochen bei Abgrabungsarbeiten auf der Sternwarte aufgespeicherte Grundwasser in der betreffenden Nacht vollständig.

Seebeben im Arabischen Meere. Der Hansadampfer „Liebenfels", Kapitän E. Breiting, befand sich auf einer Reise von Suez nach Rangun am 2. Oktober 1904 mittags in 13.3° nördl. Br., 54.1° östl. L. nördlich von Sokotra. Bei leichter östlicher Brise wurde rw. S. 74° O gesteuert und am 3. mittags nach astronomischen Beobachtungen 12.2° nördl. Br., 58.5° östl. L. erreicht. Der II. Offizier, Herr B. Hagedorn, berichtet über ein Seebeben am Morgen des 3. Oktober wie folgt: „Am Morgen des 3. Oktober 1904 auf 12° 19′ nördl. Br. und 57° 56 östl. L. bei schönem Wetter und leichter Dünnung aus Südosten bis Süden erfolgte um 7h 8m eine heftige Erschütterung in horizontaler Richtung. In der Annahme, daß es sich um einen Schaden in der Maschine handle, stoppten wir sofort die Maschine. Nach ungefähr 15s Erschütterung trat eine Ruhepause von etwa 10s ein, dann folgte eine abermalige Erschütterung, welche etwa 20s dauerte. Nachdem alles überholt war, und wir gefunden hatten, daß das Schiff keinen Schaden erlitten, dampften wir weiter. Während wir gestoppt lagen, wollen mehrere Mann der Besatzung zweimal eine leichte Erschütterung wahrgenommen haben. Um 7h 53m bestimmten wir die Deviation und fanden, daß sie dieselbe war wie sonst. Jedoch sagte der Rudersmann aus, daß schon kurze Zeit vor der Erschütterung der Steuerkompaß ins Schwanken geraten sei, wohl drei Strich nach jeder Seite, und während der Erschütterung vollständig herumgedreht wäre. Um 8h 24m vormittags erfolgte wieder eine Erschütterung, jedoch nicht so heftig wie das erste Mal. Wir stoppten wieder, loteten 220 *m* (120 Faden) Wassertiefe (kein Grund), dampften dann zurück nach derselben Stelle und loteten

wieder, hatten auch keinen Grund. Nach unserer Annahme muß es sich um ein Seebeben gehandelt haben. Die Kompasse blieben das zweite Mal ruhig. Der Stand des Barometers war normal. Um $9^h\ 30^m$ vormittags bemerkten wir wieder eine ganz leichte Erschütterung. Die See war währenddem ruhig".[1])

Über die Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinnern hat Dr. Hans Benndorf Untersuchungen angestellt.[2]) Als Grundlage für die Bestimmung der wirklichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in verschiedenen Tiefen der Erde versucht der Verfasser in dieser ersten Mitteilung zunächst die Zeit T_1, die ein Stoßstrahl des ersten Vorbebens braucht, um vom Bebenzentrum zum Beobachtungsorte zu gelangen, als Funktion der Epizentralentfernung Δ darzustellen. Nach kritischer Sichtung des vorliegenden Beobachtungsmateriales ergeben sich Wertepaare, die durch die empirische Gleichung $T_1 = 0.4 + 1.7\,\Delta - 0.042\,\Delta^2$ gut dargestellt werden, wenn T_1 in Minuten und Δ in Megametern (1 Megameter = 1000 *km*) ausgedrückt werden.

In analoger Weise ergibt sich für die Laufzeit T_2 des zweiten Vorbebens

$$T_2 = 1.3 + 3.0\,\Delta - 0.075\,\Delta^2.$$

Diese Formeln enthalten nur je zwei Konstanten, da der Koeffizient von Δ aus theoretischen Gründen 40 mal so groß als der von Δ^2 ist.

Diese Formeln würden bestätigen, wegen der mangelnden Proportionalität mit Δ, daß sowohl die Wellen des ersten wie die des zweiten Vorbebens durch den Erdkern hindurchgehen.

Während es seit den Experimentaluntersuchungen Schlüters als sichergestellt angesehen werden kann, daß die ersten Vorläufer Longitudinalwellen sind, ist über die Natur des zweiten Vorbebens nichts Sicheres bekannt. Der Verfasser spricht die Vermutung aus, die in einer folgenden Arbeit eingehender begründet werden soll, daß die zweiten Vorläufer Scherungswellen sind.

Indirekt wird schließlich für die Laufzeit T des Maximums des Hauptbebens die Gleichung $T = 4.4\,\Delta$ erschlossen, was einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hauptwellen von $3.8\ \frac{km}{sek}$ längs der Erdoberfläche entsprechen würde.

Zum Schlusse werden die Gleichungen für T_1, T_2 und T dazu benutzt, die so auffallend genauen, von Laska gegebenen Regeln zur Berechnung der Epizentralentfernung zu prüfen.

---

[1]) „Annalen der Hydrographie 1905."

[2]) Anzeiger d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1905. Nr. 20. p. 377.

Es ergibt sich dabei folgendes:

Die erste Láskasche Regel: „Die Länge des ersten Vorbebens in Minuten, vermindert um eine Minute, ist gleich der Epizentralentfernung in Megametern“, stimmt ziemlich genau bis zu einer Entfernung von 10 000 *km*, darüber hinaus zeigen sich stetig steigende systematische Abweichungen.

Die zweite Láskasche Regel: „Die Länge beider Vorbeben in Minuten ist gleich der dreifachen Entfernung in Megametern“, stimmt wesentlich genauer als Regel 1, hat aber auch systematische Abweichungen (im entgegengesetzten Sinne) bei größern Epizentralentfernungen.

Prüft man aber die von Láska aus den Regeln 1 und 2 kombinierte Formel zur Berechnung der Entfernung des Bebenherdes, so findet man eine geradezu überraschende Übereinstimmung. Sind die Formeln des Verfassers für T_1, T_2 und T nahezu richtig, so würde sich ergeben, daß nach der kombinierten Láskaschen Regel sich die Epizentralentfernungen, richtige Ablesungen der Erdbebendiagramme vorausgesetzt, bis zu Distanzen von 10 000 *km* auf 100 *km* und darüber hinaus bis zum Antipodenpunkte auf mehrere Hundert Kilometer genau bestimmen lassen.

Diese Untersuchungen können als neuer, unabhängiger Beweis der außerordentlichen Genauigkeit der Láskaschen Regel dienen; umgekehrt gibt jedes Bebenbild, das der Regel gehorcht, eine weitere Stütze für die angenäherte Richtigkeit der in der Arbeit abgeleiteten Beziehungen.

Vulkanismus.

Temperaturen im Erdinnern. James Stirling hat in den Gruben von Bendigo (Victoria) in der „180 Grube“ Messungen der Temperatur bis zu 3250 Fuß Tiefe gemacht. Er fand, daß in einer Tiefe von 454 Fuß die Temperatur für je 100 Fuß um 1° F. (= 0.555° C.) zunahm, bei 1294 für je 182, bei 1750 für je 173, bei 2295 für je 152, bei 2701 für je 137, bei 3110 für je 110, bei 3250 Fuß für je 111 Fuß; im Mittel also nimmt für je 135 Fuß die Temperatur um 1° F., oder für 243 Fuß um 1° C. zu. Die Untersuchungen sollten zur Entscheidung der Frage dienen, bis zu welcher Tiefe der Bergbau betrieben werden könnte. Die Schwierigkeiten für einen Abbau in sehr großen Tiefen liegen seiner Ansicht nach weniger in Förderungsschwierigkeiten als in dem ungeheuern Drucke und der Temperatur. Er gibt noch folgende Zusammenstellung: Zur Erhöhung der Temperatur um 1° C. sind erforderlich auf den Gruben:

Calumet & Hecla (Agassiz)	402.6	Fuß,
Bendigo (180 Grube) (Stirling)	243	„
Maldons (Jenkins)	145	„
Ballarat „	144	„
Bendigo „	139	„
Someurty	118	„
Schladebach	114	„
Pittsburg	111	„
Spirenberg	105	„
Ruhrgruben	92	„
Saargruben	90	„

Der Durchschnitt ist 154.5 Fuß. Verf. meint, der für die Mehrzahl europäischer und amerikanischer Gruben gültige Durchschnitt von 108 Fuß für 1° C. treffe jedenfalls für die Verhältnisse in Victoria nicht zu.[1])

Der große Geiser Waimangu auf Neuseeland wird von A. Erbstein als der gewaltigste seiner Art geschildert.[2]) Von Auckland, der ehemaligen Hauptstadt und dem jetzt wichtigsten Hafen der Nordinsel, gelangt man mit dem Expreßzuge nach Rotorura, einem Distrikte, der viele heiße Seen und Quellen enthält. In der Mitte dieser kochenden Region befindet sich der Geiser „Waimangu". Um einen Begriff von der Größe dieser Springquelle zu bekommen, muß man die Höhen der umliegenden Punkte ermessen. Die am Rande des Kraters, der einen See kochenden Wassers umschließt, stehende Schutzhütte befindet sich 150 *m* über der Ebene, während der Wasserspiegel des Geiserbassins im Zustande der Ruhe 13 *m* unterhalb des Niveaus der Ebene liegt. Zu doppelter Höhe als die Lage der Schutzhütte erhebt sich gewöhnlich die Springflut beim Ausbruche dieses Geisers, also mindestens 300 *m*. Doch ist dies keineswegs die erreichbare Maximalhöhe, denn höhere Fluten wurden wiederholt aufgezeichnet, und Warnock hat eine Eruption von 400 *m* Höhe beobachtet. Buckeridge hat das Bassin dieses Geisers in einem kleinen Boote befahren, dabei den Umfang abgemessen und gefunden, daß die Oberfläche 1 *ha* groß ist. Der mutige Geometer wurde zum Glücke nicht von einem Ausbruche der heißen Flut überrascht. Aus dem Umfange des Bassins können wir ersehen, daß dieser Geiser sicher der größte der Welt ist. Er treibt sein dämonisches Spiel durchschnittlich 21mal in jedem Monate, ist dabei sehr ungleich und gibt vorher kein warnendes Zeichen. Die mächtige Dampfwolke, welche von dem heftig emporschießenden heißen Wasser ausströmt, steigt bei ruhigem Wetter bis 1000 *m* hoch. Die erste Eruption fand erst im Jahre 1902 statt; früher wußte man von

---

[1]) Eng. and Min. Journ. 1905. **79**. p. 745; durch Chemiker-Zeitung 1905. p. 168.

[2]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1905. p. 455.

diesem Geiser so viel wie gar nichts, und er mag auch erst in den letzten Jahren entstanden sein. Er liegt nämlich auf dem Terrain, welches durch den furchtbaren Ausbruch des Vulkans Mount Taravera im Jahre 1886 gänzlich verschüttet wurde. Nicht weit davon befanden sich auch die rotweißen Steinterrassen von Rotomahana, deren Schönheit von der Lava des genannten Vulkans in dem gleichen Zeitpunkte für immer begraben wurde. Außer diesem Geiser befinden sich in derselben Region neben echten Schlammvulkanen noch mehrere andere große Springquellen, von welchen die bedeutendsten die Namen Pohutu, Wairoa, Feather und Papakura führen. Alle Wärmegrade sind vertreten. Einige dieser Quellen kochen unaufhörlich, andere sind zischende Schlünde, gefüllt mit Schlamm und Schwefel, die Dampfwolken und Schwefelrauch emporsenden, während wieder andere eine reine, grüne oder dunkelblaue Farbe haben, deren Schönheit über jeden Vergleich erhaben ist.

Isländische Vulkane und Kraterformen. Prof. Th. Thoroddsen (Kopenhagen), der beste Kenner der vulkanischen Zustände Islands, verbreitete sich über die Bruchlinien dieser Insel und ihre Beziehungen zu den Vulkanen.[1]) Er betont, daß diese Beziehungen nirgendwo klarer zutage treten als auf Island. „Die große Basaltscholle," sagt er, „welche die Grundlage der ganzen Insel bildet, erhielt erhebliche Querbrüche und begann am Schlusse des Miozäns sich zu senken, und es bildete sich im Pliozän infolge von unzähligen Ausbrüchen der große Bogen oder Gürtel von palagonitischen Tuffen oder Breccien, welcher sich quer über Island erstreckt; in diesen gesenkten Gebieten haben die Vulkane eine großartige Tätigkeit seit dem Pliozän, während der Eiszeit und bis auf die Gegenwart entwickelt. Am Schlusse des Pliozäns, vielleicht auch teilweise in der Eiszeit, entstanden ungeheuer große Lavafelder aus Dolerit, und nach der Eiszeit fand eine erhebliche Produktion von dunklen, basaltischen Lavaströmen statt, welche jetzt ungefähr 11 200 *qkm* bedecken; einige postglaziale liparitische Lavaströme sind ebenfalls vorhanden, jedoch nehmen sie nur ein sehr kleines Areal ein. Eine Eigentümlichkeit des isländischen Vulkanismus besteht darin, daß er auch in der Gegenwart dasselbe Gepräge bewahrt hat, welches ihn in der tertiären Zeit kennzeichnete, als ausgedehnte Basaltplateaus durch Spalteneruptionen am nördlichen Atlantischen Ozeane entstanden. Diese Spalteneruptionen sind noch charakteristisch für Island. Einige von den Spalten, die Lava ausgegossen haben, sind offen und ohne Kraterbildung, wie z. B. die 30 *km* lange Eldgjá, welche während eines einzigen Ausbruches 9 *kcm* Lava ausgoß: auf den meisten Spalten hat sich doch eine Reihe von mehrern niedrigen, 10 bis 200 *m* hohen Kratern, meistens in gerader Linie

[1]) Petermanns Mitt. 1905. p. 49.

gebildet. Dergleichen Kraterreihen können eine Länge von 10 bis 35 *km* besitzen, und häufig ist die offene Spalte zwischen den einzelnen Kratern sichtbar. Die Kraterreihen und Spalten, welche ohne Rücksicht auf die Terrainverhältnisse überall, sowohl auf dem Flachlande als auch auf Bergen und dem Hochlande, entstehen können, haben im Südlande die Richtung von SW. nach NO., im Nordlande hingegen erstrecken sie sich von S. nach N. Von größern Ausbruchsspalten und Kraterreihen habe ich 87 gefunden, sämtlich postglazialen Ursprunges; von der Eiszeit sind keine Kraterreihen bekannt, da die losen Schlackenkegel selbstverständlich forterodiert sind. Dahingegen werden ausgefüllte Eruptionsspalten aus der tertiären Periode und der Eiszeit, sowie Ruinen größerer Vulkane an vielen Orten gefunden. Andere Formen von postglazialen Vulkanen kommen auch gegenwärtig vor; wir kennen sechs Stratovulkane vom Vesuvtypus, sechzehn Lavakuppeln (Kilaueaform), dreizehn Explosionskrater und Kratergruppen (Puytypus), sowie vier liparitische Ausbruchsstellen, ferner zwei Vulkane unter Inlandeis verborgen, und zwei oder drei unterseeische Vulkane, zusammen ungefähr 130 postglaziale Vulkane, von denen 25 bis 30 in historischer Zeit Ausbrüche gehabt haben.“

Eine merkwürdige, Thoroddsen offenbar unbekannte Erscheinung ist die große Ähnlichkeit vieler Krater und Krateranordnungen Islands mit solchen auf der Mondoberfläche. Die Zeichnungen solcher Kraterformen, welche Thoroddsen gibt, könnten ganz gut als Zeichnungen von Mondkratern gelten. Auch Formen, ähnlich den Mondrillen, kommen auf Island vor. Thoroddsen bemerkt: „Aus einzelnen klaffenden Spalten ist die Lava ohne weitere Kraterbildung ruhig ausgeflossen, aber im allgemeinen entsteht eine Reihe von Schlackenkratern. Da die Ausbruchswege in den Spalten sich häufig verändern, nehmen die Krater oft eigentümliche und merkwürdige Formen an; so gibt es oft langgestreckte, der Richtung der Spalten entsprechend, und bisweilen ist die eine Wand eingefallen oder fortgeführt worden, oder es bilden sich Kraterringe, einer in dem andern, usw. Die meisten vulkanischen Spalten sind nicht mit Dislokationen von den Spaltenrändern verbunden, obwohl diese doch gelegentlich vorkommen, und neue Grabensenkungen zuweilen bei Ausbrüchen in der Nähe stattgefunden haben. Eine Anzahl kleinerer paralleler Spalten ohne Ausbruchstätigkeit begleiten häufig die Hauptspalten. Man nimmt oft in den Profilen der Tuffgebirge Spalten wahr, die nicht die Oberfläche erreicht haben, aber doch mit Lava ausgefüllt sind und Apophysen in das Seitengestein gesandt haben. Wo sich größere Spaltensysteme kreuzen, befinden sich öfters große Vulkane, wie z. B. der größte Vulkan auf Island, die Askja, (in der Dyngjufjöll), mit einem 55 *qkm* großen Krater auf dem Kreuzungspunkte der Spalten des Südlandes von SW. bis NO. und der des Nordlandes von S. bis N. gelegen ist. Wo größere Bruch-

linien oder Verwerfungen in der Erdrinde vorhanden sind, haben sich die vulkanischen Kräfte nicht immer einen Weg durch dieselben, sondern daneben auf parallelen Klüften häufig auf dem höhern Bruchrande, gebahnt."

Nach Thoroddsen sind sowohl die großen als die kleinen isländischen Vulkane an Spalten der Erdrinde geknüpft.

Die Grande Soufrière auf Guadeloupe. Seit dem verhängnisvollen Ausbruche des Mont Pelé ist der Vulkan Soufrière aus seiner seit 1836 andauernden Ruhe aufgerüttelt. E. O. Hovey hat den Vulkan im April 1903 zweimal bestiegen und gibt über denselben Bericht:[1])

Guadeloupe, die größte unter den Inseln der Kleinen Antillen, zerfällt orographisch und ihrer Zusammensetzung nach in zwei ganz verschiedene Abschnitte, in die östliche „Grande Terre", die aus flach liegenden Kalken tertiären Alters, zumeist Korallenbildungen, besteht und die Höhe von 450 englischen Fuß über dem Meeresspiegel nicht überschreitet, und die westliche „Basse Terre". Die letztere ist durchaus vulkanisch, sehr gebirgig und gipfelt in der Grande Soufrière, 4868 Fuß. Die Grande Soufrière liegt 9 *km* nordöstlich von der Hauptstadt der Insel Basse Terre und ist unschwer ersteigbar. Ein Hindernis bildet nur die häufige Bedeckung des Berges durch Wolken. Nach den Beobachtungen Léon Le Bouchers war der Berg im Jahre 1878 an 235 Tagen des Jahres vollständig von Wolken verhüllt und nur an 27 Tagen ganz frei. Umso glücklicher traf es Hovey, der bei seinen beiden Besteigungen im April klares Wetter hatte und eine Übersichtskarte der Gipfelregion entwerfen konnte.

Ein eigentlicher Krater fehlt. Der Gipfelkegel scheint über einem alten Krater aufgeschüttet worden zu sein, von dessen ehemaligem Sommaringe noch an der Nord- und Westseite Spuren vorhanden sind. Er ist kahl oder mit Moos, Farnkräutern, Gras und Legföhrengebüsch bewachsen. Die Waldgrenze liegt bei 4300 Fuß. Eine herrliche Orchidee wächst hier in großer Üppigkeit, hat jedoch allen Versuchen, sie von ihrem Standorte zu verpflanzen, Widerstand geleistet. Der Untergrund des Gipfelkegels ist fester Fels, der aus einem Agglomerate von Tuffmassen in massiven Pfeilern und schroffen Zacken vorspringt, unter denen die auffallendsten mit besondern Namen (Piton Dolomieu, Piton Saussure, Piton Breislack, Portes d'Enfer, Les Aiguilles, Dent de l'Est) ausgezeichnet worden sind. Sie erinnern an die Massen und Pfeiler solider Lava, die sich in den Jahren 1902 und 1903 in dem neuen Staukegel des Mont Pelé gebildet haben.

---

[1]) Bulletin of the American Geogr. Society Septbr. 1904. Referat von Prof. Diener in d. M. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1905. p. 576.

Die höchste Erhebung des Grande Soufrière bildet ein unregelmäßiges Plateau von 1000 Fuß Länge in der NS.-Richtung und von 850 Fuß Breite in der WO.-Richtung. In der Mitte der Gipfelfläche schneiden sich zwei deutlich ausgesprochene Spalten, die auch in den Gehängen des Kegels stellenweise sichtbar sind und lokal zu beträchtlicher Tiefe aufklaffen. Die größere Spalte, die von N. nach S. verläuft, ist die Grande Fente. Sie klafft an ihrer breitesten Stelle 75 Fuß. An ihrem nördlichen Ende reicht sie fast bis auf die Basis des Kegels hinab. Hier befinden sich die unter dem Namen „Cratère du Nord" bekannten Hauptfumarolen des Vulkanes, die die Stelle des ersten historischen Ausbruches im Jahre 1797 bezeichnen sollen. An dem Südabhange des Kegels gabelt sich die Grande Fente in zwei Spalten. Aus der Grande Fente finden an zahlreichen Punkten kräftige Exhalationen von Schwefel- und Wasserdampf statt, insbesondere an dem Cratère du Nord. Bis zum Jahre 1843 war die Grande Fente noch an der Basis des Nordabhanges des Gipfelkegels offen und dort sogar zu einer geräumigen Grotte (Caverne de Spallanzani) erweitert. Seitdem ist der Eingang zu derselben durch einen Bergrutsch verschüttet worden.

Eine natürliche, aus abgestürzten Felstrümmern gebildete Brücke von 60 Fuß Breite überwölbt die Grande Fente unweit der Stelle, wo sie von einer N. 40° W. streichenden Nebenspalte geschnitten wird. Der Niederblick von dieser natürlichen Brücke in die Schlünde der Grande Fente wird von Hovey als das eindruckvollste Moment der Soufrièrebesteigung geschildert. Im Osten der südlichen Fortsetzung der gleichfalls auf weite Strecken hin offenen Nebenspalte liegen die sehr tätigen Fumarolen des Cratère Napoléon.

Die langsame Zunahme der Aktivität aller Solfataren und Fumarolen der Grande Soufrière seit 1902 macht es nach Hoveys Ansicht wahrscheinlich, daß es auf Guadeloupe nicht zu einem katastrophalen Ausbruche wie am Mont Pelé kommen werde. Auch fehlen bei Basse Terre die Vorbedingungen für eine Konzentration der zerstörenden Wirkung des Ausbruches wie bei St. Pierre auf Martinique.

Vulkanische Vorgänge bei den Revillagiedo-Inseln. Der Postdampfer „City of Panama", der am 21. Januar von San Franzisko nach Häfen an der mittelamerikanischen Küste fuhr, stieß unter 16° 58′ nördlicher Breite und unter 100° 29′ westlicher Länge auf eine meilenweit mit Bäumen, Pflanzen und Tierleichen bedeckte Fläche. Die Masse war so dicht, daß das Schiff sich manchmal nur mit Schwierigkeiten hindurchzuarbeiten vermochte. Manche der Bäume hatten einen Durchmesser von 5 bis 6 Fuß. Man nahm anfangs an, daß ein gewaltiger vulkanischer Ausbruch an der mittelamerikanischen Küste diese Masse auf die See geworfen habe. Das wird von der Geographischen Gesellschaft in London nicht ange-

nommen. Sie ist der Ansicht, daß ein derartiger Ausbruch auf dem Festlande sofort bekannt geworden wäre. Man neigt dagegen zu der Ansicht, daß eine gewaltige Erdumwälzung in der nördlich von der kalifornischen Halbinsel gelegenen Inselgruppe Revillagiedo stattfand. Diese Inseln liegen in der Nähe des 20. Grades nördlicher Breite und auf dem 110. Grade westlicher Länge. Der Dampfer war daher volle 4 Grad südlich und 10 Grad westlich der Inselgruppe, als er auf die vermeintlichen Trümmer einer Inselwelt stieß. Die Inseln sind zum Glücke unbewohnt, enthielten aber eine reiche Tierwelt, die hauptsächlich aus Vögeln bestand. Die Küstengewässer waren besonders reich an Schildkröten und Haifischen. Die großen Stämme sind der Beschreibung nach diejenigen, die auf Socorro oder Santa Thomas, der größten Insel der Gruppe, wachsen. Die Inseln sind vulkanischen Ursprunges und liegen in der Linie der Erdbebenzone von Mittelamerika. Es sind vier an der Zahl: Socorro, San Benedicto, Rocca Partida und Santa Rocca. Einige dieser Inseln sollen von Zeit zu Zeit verschwunden und andere wieder aufgetaucht sein. Weiter westlich liegt eine andere Inselgruppe, oder sie lag wenigstens dort. Ein zur Erforschung dieser Gruppe ausgeschicktes amerikanisches Schiff konnte vor einiger Zeit keine Spur von ihr finden. Man nimmt an, daß auch diese Inseln vulkanischen Ursprunges waren, daß sie durch eine unterseeische Umwälzung plötzlich auftauchten und ebenso plötzlich wieder verschwanden, ehe durch die englischer- oder amerikanischerseits vorgenommene Untersuchung ihre eigentliche Lage festgestellt werden konnte. Dasselbe Schicksal scheint jetzt die Revillagiedo-Inseln ereilt zu haben.[1])

Die Erforschung der Vulkane im Nordosten von Deutsch-Ostafrika ist durch Prof. Dr. C. Uhlig in erheblichem Maße gefördert worden. Wie er in einem in der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1905, S. 120 bis 123 abgedruckten Schreiben mitteilt, hat er in den Monaten August bis Dezember 1904 mit Dr. Jaeger und Gunzert eine Reise in die wenig bekannten Gebiete im Nordwesten von Meru und Kilimandscharo ausgeführt. Im September erstieg Dr. Jaeger — Uhlig und Gunzert konnten den Gipfel nicht ganz bezwingen — den 2800 *m* hohen Vulkan Oldonjo l'Engai (südlich vom Natronsee, bisher als Donjo Ngai bekannt), der als tätig galt, wenigstens zuletzt von Dr. Schoeller und Hauptmann Frhr. v. Schleinitz als tätig bezeichnet wurde. Jaeger beobachtete den Krater und dessen Wasserdampf- und Schwefelwasserstoffexhalationen, die noch 500 *m* unterhalb des Gipfels zu riechen waren. Der Oldonjo l'Engai ist ein Tuffkegel von 2000 *m* (nach v. Schleinitz 650 *m*!) relativer Höhe, der aus Laven aufgebaute

[1]) Erdbebenwarte 1905. p. 161.

vulkanische Gebilde überdeckt. Auf der sehr steilen Spitze ist einem ältern, südlichen Krater, der seine Tätigkeit eingestellt hat, ein nördlicher angesetzt, der Schlammströme und Gase austreten läßt. Die Schlammströme sind mit Ausblühungen eines weißen Natronsalzes überzogen. Am Natronsee (Uhlig nennt ihn Magad) vorbei stieg man aus dem Graben empor und ging nach Westen bis in die Landschaft Ssonjo, wo der Oldonjo Sambu, eine 2400 *m* hohe Vulkanruine, 1700 *m* über dem Meere sich erhebend, bestiegen wurde. Eine große Verwerfung zerschneidet den Vulkan, dessen größerer Teil unter dem Natronsee begraben liegt. Weitere Forschungen ergaben, daß der Westrand des ostafrikanischen Grabens äußerst kompliziert gebildet ist; meist kann man zwei bis drei, einander gewöhnlich nicht parallele Steilränder unterscheiden. Der 80 *km* lange Hauptsteilrand zwischen dem Natronsee und dem Manjara (Laua ja Mueri) ist dadurch entstanden, daß eine Verwerfung gewaltige Vulkanberge beschnitt, so daß ihre Lavamassen nun 1000 *m* hoch und sehr steil abbrachen. Uhlig nennt hier drei Vulkane oder Vulkanruinen: den Elanairobi mit einem Krater von 5 *km* Durchmesser, den Olmoti und den Lo Málassin. Letzterer, mit 3700 *m* wohl der höchste auf dem westlichen Grabenrande, wurde erstiegen. Einige Berggruppen in der Nähe des Grabens erwiesen sich als jungvulkanischer Natur.

Interessant ist noch, daß Uhlig seine Vermutung, der Meru sei tätig, durch eine neue Besteigung bestätigt fand. Er drang von Osten her in den Krater des Meru vor und stellte fest, daß an der Peripherie des innersten Aschenkegels, etwa 100 *m* unter dessen Gipfel, andauernd Wolken von Wasserdampf den Gesteinsspalten entweichen. Da ferner die jüngsten Lavanachschübe in der Umgebung des Aschenkegels nicht älter als 25 Jahre sein dürften, so ist der Meru „zweifellos zu den tätigen Vulkanen zu rechnen“.[1])

Der Vulkan Danau Rakitan auf Sumatra wird von Dr. J. Erb geschildert. Der Vulkan erhebt sich mitten im Talwege des Aier Luas und hat sichtlich teilend auf diesen eingewirkt, ihn in einen rechten Arm, den Aier Luas Dras, und einen linken, den Aier Luas Alon, zerlegt, welche beide abseits des Tuffmantels sich tiefe Schluchten eingeschnitten haben. Seine Seehöhe beträgt 900 bis 1000 *m*. Er steigt also höchstens 200 *m* über der niedrigsten Talstufe an, so wenig, daß der Hauptverkehrsweg an seinem Kraterrande vorbeiführt. Im Gegensatze zu den scharfen Erosionsformen an allen Bergen und Hügeln der Umgebung und auf der ganzen Wegstrecke, welche man von der Küste her nach ihm hin durchwandert, ist er direkt auffallend wenig von der Erosion beeinflußt worden. Von Süden, von Pematang Danau her bis zum obern nordwest-

[1]) Globus 1905. p. 244.

lichen Kraterrande, durchquert man eine weichgeformte, hügelige Tufflandschaft mit regellos geordneten und geformten, niedern Erhebungen und ohne ausgesprochene Durchtalung. Die Fortsetzung des Weges am jenseitigen Hange hinab, nach Ulu Danau hin, durchkreuzt wieder Schlacken- und Tuffmassen, leicht (15° gemessen) vom Krater wegfallend. Noch haben keine Seitenflüsse vom Aier Luas her diese leicht zerstörbaren Massen durchsägt. Der kleine Kratersee selbst liegt am Wege, etwa 80 *m* unter einem Kraterrande, der besonders am Südostufer steil zu ihm abfällt. Im Nordwesten, wo ein Pfad zum Seespiegel hinabführt, ist die Böschung weniger steil, 45° im Maximum. Der See ist unregelmäßig rundlich, mit einem maximalen Durchmesser von 600 *m* und einer von Verbeek festgestellten, größten Tiefe des flachen Seebodens von 52 *m*. Felswände schauen am östlichen und nordöstlichen Kraterrande aus der Vegetation hervor. Am Pfade und am Ufer des Sees stehen Lapillimassen an, nicht sehr deutlich gegen das Kraterinnere geneigt.

Ebensowenig oder noch weniger mitgenommen von der Erosion als der Vulkanmantel ist der innere Kraterhang. Am Südrande zieht sich ein kleines Tal vom Seespiegel nach oben, das aber den obern Kraterrand noch nicht erreicht hat, während ein zweiter, tieferer Wasserriß diesen gerade anschneidet. Dies und einige Quellen an der Nordnordostseite sind die einzigen Zuflüsse des nach keiner Seite hin entwässerten Sees.

Es ist in erster Linie die auffallend wohl erhaltene Form dieses Miniaturvulkanes in einer stark durchtalten und mitgenommenen Umgebung, welche Dr. Erb mit einem altmiozänen Alter unvereinbar erscheint. Die quartären und jüngern Vulkankegel der Umgebung, die jungtertiären Sedimente weiter küstenwärts, sind alle kräftig zernagt und ausgewaschen, und dieser kleine, aus leicht zerstörbarem Materiale aufgebaute, flache Kegel sollte mitten im Talwege sich in der ursprünglichen Frische erhalten haben? Das ist nicht wahrscheinlich. Ein direkter Beweis für seine Jugend ist aber der Umstand, daß der Krater noch heute leichte Spuren von Tätigkeit zeigt. Wie die Eingeborenen von Ulu Danau wissen, ereignet sich alle paar Jahre im See ein großes Sterben der Fische, das Seewasser wird dann trübe, milchig, nach Aussage der Umwohner von „Schwefelwasser" (Aier Waliran), das vom Grunde aufsteigt. Dr. Erb hält den Danau Rakitan deshalb für eine ganz junge Bildung, einen kleinen Vulkan, der erst jetzt in das Stadium der Solfatarentätigkeit eingetreten ist.[1])

Vulkanausbruch auf Sawaii. Anfangs August 1905 fand auf dieser Insel ein vulkanischer Ausbruch statt, über den der Leiter des Samoaobservatoriums Dr. F. Linke berichtet. Es bildete sich

[1]) Vhdl. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. p. 283.

12 bis 13 *km* von der Küste genau südlich von Matautu, ein neuer Krater, ein 70 bis 100 *m* hoher Hügel mit drei Ausbruchsstellen. Am 18. und 19. August führte Linke eine Umgehung des neuen Vulkanes aus. Er brach morgens von Matautu auf und vernahm von 10 Uhr ab alle 10 bis 15 Sekunden die die einzelnen Ausbrüche begleitenden Detonationen. Gegen 12 Uhr sah er den Boden mit vulkanischer Asche bedeckt und ward auf eine Lichtung aufmerksam, die das heiße Geröll hervorgebracht hatte. Anstatt der erwarteten Lava fand er heißes, fast glühendes Gestein von brauner Farbe, den „richtigen vulkanischen Schutt". Wie eine Mauer türmte er sich vor dem Beschauer auf, in dieser Form und haushoch langsam in das Tal hinabdringend; doch war von Bewegung damals kaum noch etwas zu sehen, die Trümmermasse war zumeist schon erkaltet, und nur in drei nordwärts verlaufenden Tälern fand sich noch Bewegung. Um 3 Uhr sah Linke den Krater vor sich. Die östliche Ausbruchsstelle schien die älteste zu sein, es drang hier nur Rauch heraus. Am lebhaftesten war die nördlichste in Tätigkeit, aus der gewaltige Steine wohl 200 *m* hoch geschleudert wurden. Von einem Lavaflusse sah man nichts. Vernichtet, d. h. auf lange Zeit der Kultur entzogen, sind 6 bis 8 *qkm* Waldfläche. Von dem Vulkane geht nach Nord, Nordnordost und Nordnordwest ein zusammenhängendes Geröllmeer aus, das sich von den Ausbruchsstellen 3 bis 4 *km* nach der Küste erstreckt, von der es also noch 9 *km* entfernt ist. Die ausgeworfene Masse wird auf 10 Millionen Tonnen veranschlagt. Anlaß zu ernstlicher Besorgnis gibt der winzige Vulkan nicht.

Infolge wolkiger Nächte sah Linke vom Observatorium zu Apia aus den Feuerschein über Sawaii erst am 5. August. Da die Zahl der täglichen Erdbeben sich vom 2. August an plötzlich verringerte, so muß man annehmen, daß an diesem Tage bereits der erste Ausbruch stattgefunden hat. Die neuen Ausbruchsstellen liegen 25 *km* östlich von dem Vulkane von 1902, der aber in seiner Tätigkeit auf schwache Rauchentwicklung beschränkt geblieben ist.

Die Ergebnisse der neuern Untersuchungen über die mittelamerikanischen und westindischen Vulkanausbrüche (1902 bis 1905) behandelte Prof. K. Sapper auf dem 15. Geographentage (Danzig).[1] In Mittelamerika folgte auf das große tektonische Beben von Ocós in Guatemala am 18. April 1902 eine lange Reihe vulkanischer Beben; am 10. Mai 1902 trat der Izalco (Salvador) nach fünfzehnmonatlicher Ruhepause wieder in Tätigkeit, Mitte Juli 1902 der Masaya (Nicaragua), am 24./25. Oktober 1902 erfolgte der große Ausbruch des Santa Maria (Guatemala); im Frühjahre 1903 zeigte der Poás (Costarica) Anzeichen stärkerer Tätigkeit; Januar 1904 erfolgte ein Ausbruch des Santa Ana (Salvador), Januar 1905 ein solcher des Momo-

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde z. Berlin 1905. Nr. 7.

tombo (Nicaragua). Eine ähnliche Häufung seismischer und vulkanischer Ereignisse hatte in Mittelamerika in den Jahren 1879 auf 1886 stattgefunden. Als wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung nimmt Sapper Krustenbewegungen der Erde an. Auch im Antillengebiete dürfte nach seiner Meinung das fast gleichzeitige Eintreten mehrerer Ausbrüche der Soufrière von St. Vincent und der Montagne Pelée von Martinique auf den Einfluß von Krustenbewegungen zurückzuführen sein, deren erste durch das Guatemalabeben vom 18. April 1902 ausgelöst worden sein mag. Ausführlicher verweilt Sapper bei der Theorie der absteigenden „Glutwolken", die bei den jüngsten Ausbrüchen der Antillenvulkane zum ersten Male eingehend studiert worden sind, und der berühmten Felsnadel des Mont Pelé, einer verfestigten Lavasäule, die durch innern Druck von unten nach oben gepreßt wurde, aber durch Ausbrüche häufig bedeutende Verluste erlitt und nach zehnmonatlichem Bestehen im August 1903 wieder verschwand, um nun durch kleinere Gebilde gleicher Art ersetzt zu werden.

Die Theorie des Vulkanismus behandelte Dr. Löwel in einem Vortrage in der 77. Versammlung deutscher Naturforscher in Meran (1905). Er bemerkte, wie schon das Studium unserer europäischen Vulkangebiete lehre, daß die vulkanische Tätigkeit mit dem Aufbaue der Gebirge nicht das geringste zu schaffen habe. Der Apennin beispielsweise entstand im Miozän, während die aktiven und inaktiven Vulkane Italiens sehr viel jüngern Datums sind. Weiterhin läßt sich feststellen, daß die feuerspeienden Berge an keine bestimmte tektonische Form gebunden sind. Während sie auch auf ganz ungestörten Schollen auftreten, sind sie allerdings am häufigsten an der Stelle starker Dislokationen. Manche Vulkane stehen auf Bruchspalten, auf die sie aber keineswegs beschränkt sind. Tatsächlich muß der vulkanische Auftrieb des Magmas von solcher Art sein, daß ihm auch eine bruchlose Durchlöcherung der Erdrinde zugeschrieben werden darf. Dazu komme, daß keine Vulkanreihe und keine Vulkangruppe gleichzeitig oder gemeinschaftlich zu arbeiten pflegt. Es gibt keine Feuerdisziplin. Vielmehr speit nicht bloß jeder Krater für sich allein, sondern meistens auch in einer Gruppe jeweils bloß einer. Als der Krakatoa explodierte, blieb der übrige Sundaarchipel ruhig, und beim Ausbruche des Mont Pelé haben sich die übrigen Antillenvulkane nicht gerührt. Der Vulkanismus pflegt augenscheinlich bald hier, bald dort die Erde wie mit Stichflammen zu durchlöchern. Diesen Tatsachen gegenüber haben die landläufigen Erklärungsversuche des Vulkanismus völlig versagt. Die alte Lehre, das Magma sei mit Seewasser getränkt, rechnet nur mit ganz seichten Vulkanherden und erklärt nicht den langdauernden ruhigen Erguß nach langen Unterbrechungen. Die verbreitetste Erklärung, nämlich diejenige der Ausquetschung des

Magmas durch sich senkende Schollen, setzt große Spalten voraus und kann insofern leicht widerlegt werden. Auch hängen manche Vulkangebiete keineswegs mit Senkungen, sondern vielmehr mit Hebungen zusammen. Schließlich widerspricht dieser tektonischen Hypothese auch das Regellose im Auftreten und in der Tätigkeit der Vulkane. Die Erklärung des Vulkanismus durch die Aufsprengung von Klüften rechnet ebenfalls mit Spalten. Ebensowenig haltbar sei die Auftriebhypothese Stübels, der alte Magmanester, die sich erhalten haben, mit Vulkannestern, identifizieren will. Am meisten Wahrscheinlichkeit habe noch die Lehre von der magmatischen Aufschmelzung für sich. Ihre Voraussetzung sind regionale Wärmeentwicklungen, aus denen man die Schwellung und Hebung der Magmas erklärt. Eine sprunghafte Wärmeentwicklung sei sehr wohl denkbar. Die Durchlöcherung der Erdrinde durch Stichflammen würde etwa den Protuberanzen der Sonne entsprechen. Die Auflockerung des Magmas würde alsdann bloß eine Begleiterscheinung sein. So ließe es sich erklären, daß die Vulkane nicht an Spalten gebunden und vom Gebirgsbaue unabhängig sind. Soviel die Aufschmelzhypothese für sich hat, so stehen ihr doch auch manche Bedenken, wie z. B. die petrographischen Beziehungen entgegen. Vielleicht sinken die Randteile des Gemenges, die sich am schnellsten abkühlen, abwärts und machen dadurch dem Magma der Tiefe Platz. Jedenfalls stehen wir, wenn man die Aufschmelzungstheorie nicht gelten lassen will, dem Vulkanismus bisher noch völlig ratlos gegenüber.

Inseln.

Die Insel Helgoland. A. Conze gab[1]) eine interessante, durch mehrere sehr instruktive Photographien erläuterte Schilderung des Zustandes der Insel und erörtert die Frage, wie dem Abbröckeln derselben Einhalt zu gebieten sei.

Helgoland ist heute nur noch der kleine Rest einer Insel von ehemals viel größerm Umfange, die allerdings wohl stets die Form eines sich NW.—SO. erstreckenden, gleichschenkligen, gegen NW. sich zuspitzenden Dreieckes gehabt hat. Sie ist heute nur noch 0.59 *qkm* groß, mit 1700 *m* Länge, einer größten Breite von 600 *m* und 4000 *m* Umfang. Das die schmale Südostseite bildende Unterland nimmt nur ein Zehntel der Insel ein. Es wird von dem Oberlande um 50 *m* überragt und gegen die Weststürme vollständig geschützt. Die Felsen des Oberlandes bestehen aus roten Schiefertonen und roten Sandsteinen der Trias, die mit leichter verwitternden Lagen eines weißen Sandsteines wechsellagern. Die Schichten fallen unter einem Winkel von 20° nach NO. ein und brechen allenthalben in steilen Felswänden ab, die insbesonders entlang der Südwestseite von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt sind. Hier

---

[1]) Zeitschr. f. prakt. Geolog. 1904. August.

ragen die drei bekannten Felsklippen Hengst, Mönch und Nonne als Wahrzeichen der ehemaligen größern Ausdehnung der Insel auf. Sie sind heute vom Festlande isoliert, waren aber noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit diesem verbunden.

Die zerstörende Tätigkeit des Wogenanpralles der Weststürme an der Südwestseite von Helgoland ist allenthalben ersichtlich und oft Gegenstand der Erörterung gewesen. Dennoch ist nach Conze der Angriff der Meeresbrandung durchaus nicht der wesentlichste Faktor in dem Abbröcklungsprozesse der Insel. Eine unvergleichlich wichtigere Rolle spielen Regen, Hitze, Frost und Schneeschmelze. Die Oberfläche der Insel ist teilweise geschützt durch eine Ackerkrume, die wegen ihres hohen Tongehaltes sehr zähe und undurchlässig ist. Aber an der felsigen Kante des Oberlandes üben Regen und Frost ihren verheerenden Einfluß aus. An der Südwestkante der Insel schreitet so die Zerstörung, den Rissen in das Innere des Gesteines folgend, von oben gegen das Meer hinab fort, und wenn der Abbröcklungsprozeß in den obern Partien tief genug vorgedrungen ist, so daß diese ihren Halt mit dem Festlande verlieren, dann lösen sich bei Sturmfluten breite Streifen ab und verschwinden im Meere.

An der nordwestlichen Längsseite, wo der Wogenprall weniger stark ist, verläuft der Zerstörungsprozeß anders. Er wird hier beeinflußt durch das NO. gerichtete Einfallen der Schichten, denen das Sickerwasser folgt. Vor wenigen Jahren ist von dem bebauten Teile des Oberlandes an der Nordostecke eine große Felspartie mit den darauf stehenden Häusern durch die Unterwaschung des Sickerwassers zum Absturze gebracht worden. Ein mächtiges Widerlager aus Ziegelsteinen, das man an dieser Stelle errichtet hat, um dem weitern Umsichgreifen der Zerstörung vorzubeugen, hat sich nicht bewährt, denn ein Teil des Widerlagers hat bereits den Zusammenhang mit dem Felsen verloren, ein sicheres Zeichen, daß der Wasserdruck im Innern des Gesteines an dessen Abspülung und Zerbröcklung weiter arbeitet.

Von besonderer Gefährlichkeit sind die Verwerfungen, deren offenen Sprüngen das Zirkulationswasser folgt, und die dem Abbröcklungsprozesse die besten Angriffspunkte bieten. Nahe der Südwestspitze, unweit von der Stelle, wo die erste Schutzmauer gegen den Wogenprall errichtet wurde, hat sich vor kurzem ein neuer Sprung gebildet, wie behauptet wird infolge der Erschütterung bei dem Abfeuern der schweren Geschütze.

Zur Rettung der Insel genügt nach der Meinung von Conze die Anlage von Schutzmauern gegen den Wogenanprall, auf die man sich bisher beschränkt hat, durchaus nicht, denn das Meer trägt an dem Zerstörungswerke nur einen kleinen Teil der Schuld. Vor allem müssen die in das Innere eindringenden Tagewässer abgefangen werden, was durch Anlage einer Drainage in der tiefen Acker-

krume bei reichlich vorhandenem natürlichen Gefälle leicht und ohne erhebliche Kosten erreicht werden kann. Dann aber handelt es sich darum, die Kante des Oberlandes vor dem zerstörenden Einflusse von Sturm, Regen, Hitze und Frost zu schützen. Conze schlägt vor, die ganze Kante nach Wegsprengung aller unhaltbaren Vorsprünge in einer Breite von 5 bis 6 *m* mit holländischen Klinkern zu pflastern und dieses Pflaster auf der Außenseite durch eine fortlaufende Mauer an Stelle des ursprünglichen Gesteines so weit zu stützen, als der Felsboden sich bereits durch Verwitterung angegriffen zeigt. Es würden 2000 bis 3000 laufende Meter zu pflastern und zu vermauern, also 10000 bis 15000 *cbm* Pflaster und 1500 bis 2000 *qm* Mauerwerk erforderlich sein. Natürlich müssen auf der Südwestseite auch die Hauptverwerfungen durch Schutzmauern gegen den Anprall der Brandungswogen gedeckt werden.

Die Scillyinseln im Südwesten von England, vor dem Eingange zum Kanale, sind trotz ihrer Nähe nur wenig in weitern Kreisen bekannt. M. Lardeur gab in der geographischen Gesellschaft zu Paris eine interessante Schilderung derselben.[1]) Der kleine Archipel zählt 200 Inseln und Inselchen ohne die zur Zeit niedrigen Wasserstandes zutage tretenden Felsen und Sandbänke. Bewohnt sind nur fünf Inseln mit zusammen 1850 Seelen. Der Zugang ist schwierig und gefährlich infolge der geringen Tiefe des Meeres in dem Archipel. Einen Hafen hat nur St. Mary, die Hauptstadt, doch ist er klein und nur für Fischerboote geeignet; die Bai davor kann dagegen große Schiffe aufnehmen. Sonderbarerweise wird von den Bewohnern wenig Fischfang und Schiffahrt betrieben, und es gibt im ganzen nur 25 Barken. Der Fisch-, Langusten- und Hummerfang wird vielmehr von Engländern, Bretonen und Boulognesen ausgeübt. Während langer Jahrhunderte lebten die keltischen Bewohner nur von Strandräuberei, d. h. von den Schiffbrüchen; auf dem Kirchhofe von St. Mary liegen deshalb Vertreter aller möglichen Nationen. Heute sind die Scillyinsulaner friedliche Gartenbauer, und ihrer Heimat ist ein blühender Garten geworden, dank den Bemühungen des Grundherrn der Inseln, Augustus Smith. Er hatte viele Mühe, die Leute zu dieser Tätigkeit zu erziehen, und stieß auf heftigen Widerstand; jetzt sind sie dadurch wohlhabend geworden und zufrieden. Das milde Klima befördert die Kultur prächtiger Blumen, und von Januar bis Ende April bedecken sich alle nach Süden gerichteten Hänge und alle Täler mit Narzissen, Levkojen und andern duftenden Blumen, und in der Höhe der Saison befördert ein Dampfer täglich bis 35 t abgeschnittene Blumen nach Penzance, die in London einen guten Absatz finden. Der Wind ist ein großer Feind dieser Industrie, die Insulaner teilen daher ihre Felder in viele kleine

[1]) La Géographie 1905 Juni; Globus **88** Nr. 11. p. 180.

Quadrate und umschließen sie mit dichten Hecken. Die Blumenzucht nimmt die ganze Tätigkeit der Bewohner in Anspruch. Smith hat sich auf der Insel Tresco aus den Ruinen eines von Cromwell zerstörten Benediktinerklosters ein Schloß eingerichtet und dort einen schönen Park angelegt, in dem auch viele tropische und subtropische Gewächse gedeihen.

Die liparischen Inseln und ihre Vulkane schilderte Dr. Schlee[1]) teilweise auf Grund eigener Anschauung. Obgleich diese Inseln in der Nähe verkehrsreicher Touristenstraßen liegen, werden sie doch vom großen Schwarme der Reisenden nicht besucht. Sie bergen keine besondern archäologischen Merkwürdigkeiten, die Verbindung dorthin ist nicht bequem, und die Unterkunft ziemlich primitiv. Von den Geologen jedoch beschränken viele ihre Studien nicht auf Vesuv und Ätna, sondern lenken ihre Schritte auch zu diesen Inseln, die zwei tätige Vulkane: Stromboli und Vulcano, besitzen.

Der Stromboli wirft alle fünf bis zwanzig Minuten eine Garbe glühender Schlacken aus, die in normalen Zeiten, wenn die Tätigkeit des Berges nicht besonders gesteigert ist, bis zu einer Höhe von 100 oder auch 200 *m* emporsteigt. In ähnlicher Weise ist er schon im Altertume tätig gewesen. Schon damals ist von Seeleuten und Reisenden das prächtige Feuerwerk zur Nachtzeit bewundert worden.

Die Insel Vulcano, die noch jetzt den Namen des römischen Feuergottes trägt, hieß bei den Griechen ganz entsprechend Hiera Hephaistu, die dem Hephästos Heilige, und Thucydides berichtet von ihr: „Die Leute von Lipari bilden sich ein, Hephästos habe auf Hiera seine Schmiede, weil man bei Nachtzeit ein starkes Feuer und bei Tage Rauch von der Insel emporsteigen sieht.“ Mancher andere Bericht aus dem Altertume, auch aus dem Mittelalter und wieder häufiger aus den letzten Jahrhunderten, bezeugt die fortgesetzte Tätigkeit des Feuerberges. Nachdem dieser dann vom Ende des 18. Jahrhunderts ab etwa 100 Jahre lang Ruhe gehalten und seine Natur nur in kräftigen Dampfausströmungen gezeigt hatte, begann im Jahre 1888 eine zweijährige Ausbruchsperiode. Die Insel Vulcano verwüstend, warf der Berg große Mengen von Aschen und Bomben aus und hat sich damit wieder vollwertig in die Reihe der tätigen Vulkane gestellt. Seit 1890 ist er wieder, wahrscheinlich für längere Zeit, in den Solfatarenzustand zurückgekehrt, der durch Dampf- und Gasausströmungen charakterisiert ist. Auch die andern Inseln des Archipels, der im ganzen sieben größere umfaßt, lassen schon aus ihren Formen auf ihre vulkanische Natur schließen, und diese beweist auch eine Untersuchung ihrer Gesteine. Abgesehen von einzelnen losgerissenen Fetzen kristallinischer Schiefer, welche in Laven und Bomben aus großer Tiefe

[1]) Mitteil. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1905. p. 82.

an die Oberfläche gebracht worden sind, findet sich, wie die vor zehn Jahren von Prof. Bergeac ausgeführte geologische Aufnahme ergeben hat, auf allen Inseln kein Stück Gestein, das nicht vulkanischen Ursprunges wäre. Die Inseln sind ganz aus Laven der verschiedensten Zusammensetzung, von Basalten bis zu glasartigen Obsidianströmen, dazu aus mächtigen Tuff- und Bimssteinschichten aufgebaut.

Die ganze Inselgruppe ist demnach aufzufassen als ein ausgedehntes, reich gegliedertes vulkanisches Gebirge, das aus gewaltigen Meerestiefen von 1000 und 1500 *m* in die Höhe gewachsen ist und sich nur mit seinen Gipfeln über die Meeresoberfläche erhebt. Die Inseln gehören zu dem merkwürdigen Kranze von jungen Eruptivbildungen, der sich auf der Ostseite der Appeninkette längs der tyrrhenischen Küste Italiens hinzieht und zweifellos zu der Entstehung dieses jungen Faltengebirges sowohl als zum Einbruche der tyrrhenischen Scholle in Beziehung steht.

Aus der Schilderung von Dr. Schlees Besuch der beiden noch nicht erloschenen Vulkane sei folgendes hervorgehoben:

„Das Dorf S. Vincenzo auf Stromboli wird durch den Gipfel des Berges, der als die Ruine eines ältern erloschenen Vulkanes zu betrachten ist, vor dem Feuerschlunde geschützt, der auf dem nordwestlichen Abhange — etwa 200 *m* unter der Spitze und 700 *m* über dem Meeresspiegel — sein Wesen treibt. Schon im Dorfe und beim Aufstiege hört man in unregelmäßigen Zwischenräumen, durchschnittlich etwa alle Viertelstunden, ein Getöse wie von einem kurz dauernden Donner. Über Felsstufen und Aschenhänge geht es hinaus und oben auf einem Grate entlang zwischen den wildzerrissenen Felsen des Gipfels. Etwas absteigend, gelangt man dann zu einem Platze, von dem aus man das erwartete Schauspiel bequem und gefahrlos genießen kann. Wir brauchen nicht lange zu warten, bis aus der kleinen Krateröffnung, die etwa 50 *m* unterhalb unseres Standpunktes auf dem Aschenabhange liegt, mit donnerähnlichem Getöse, wie aus einem riesigen, senkrecht gestellten Mörser, eine mächtige braunschwarze Aschenwolke aufsteigt. Trotz hellen Sonnenscheines ist deutlich die rote Glut der in die Höhe geschleuderten Lavafetzen zu sehen, die dann prasselnd ringsherum niederfallen. Um das Schauspiel auch bei Nacht zu betrachten, wanderte Dr. Schlee mit seinem Wirte an einem schönen Abende von S. Vincenzo um den Berg herum zu einem geeigneten Beobachtungsplatze, der etwa 400 *m* schräg unterhalb der Ausbruchsöffnung liegt. Ähnlich den Buketts bei einem Feuerwerke sieht man die Feuergarben aufsteigen, gleich darauf hört man den dumpfen Schlag, und dann rollen die glühenden Lavafetzen herab und bedecken den dunklen Aschenhang mit allmählich erlöschenden Lichtern.

Herrlich ist bei günstigem Wetter die Bootfahrt von Lipari nach der Insel Vulcano. Nahe der Bucht, in der man landet, liegen die beim letzten Ausbruche in Schutt gelegten Baulichkeiten einer ehemaligen Borsäure- und Schwefelfabrik. Über harte Tuffe, die von tiefen Schuttrinnen durchfurcht sind, gelangen wir zum Kraterrande hinauf. Überall entströmen dem Boden auf den innern Hängen aus großen und kleinen Löchern heiße Dämpfe, und in den Höhlungen haben sich glitzernde Schwefelkristalle abgesetzt. Beim Losbrechen muß man Vorsicht anwenden, will man sich nicht die Finger verbrennen.

Der Vulcanokrater ist, wie schon gesagt, jetzt im Solfatarenzustande. Die vielbesuchte Solfatara bei Neapel bildet den Typus hierfür und hat den Namen hergegeben. Doch wie viel Großartigkeit, Einsamkeit und Schönheit

hat dieses Bild auf Vulcano vor dem dortigen voraus. An der Solfatara gleich Eingangszoll wie bei einer Jahrmarktsbude, dann preist das zudringlichste Gesindel von ganz Italien seine Führerdienste an und ist nicht loszuwerden. Schuppen und Häuser, Bäume und Sträucher sehen wir auf dem Kraterboden, ausgetretene Fußwege überall, und dort kommt auch wieder eine Equipage hereingefahren! Aber hier ist ringsherum feierliche Stille, nur das leichte Brausen der ausströmenden Dämpfe ist zu hören, kein Grashalm findet sich weit und breit, kein Fußstapfen, denn manchmal mag jetzt in Monaten kein Mensch in diese Einsamkeit hinaufkommen.

Vom Krater steigen wir wieder nach Norden hinunter und wandern noch zu einer dem Inselkörper hier ausgegliederten Halbinsel, welche den Vulcanello trägt, ein flachen Lavadecken aufgesetztes zierliches Modell eines Vulkangebirges, das nur 122 *m* hoch ist und drei deutlich erhaltene Krater besitzt."

Die Inseln des Suaisees in Abessinien.[1]) Der südlich von Adis Abeba und vom Hauasch gelegene Suaisee, der nördlichste der äthiopischen Seenreihe, war immer mit dem Schleier des Geheimnisses umgeben; zahlreiche Reisende haben seine Ufer berührt, aber die Inseln und ihre Bewohner sind lange unbekannt geblieben. Diese bewahrten sich bis 1894 ihre Unabhängigkeit, die sie dann gegen Menelik einbüßten. Sie unterwarfen sich dem Kaiser, doch führte letzterer den König der Inselgruppe, Alibo, und seine Familie gefangen nach Adis Abeba, weil ihm nicht eine Krone, ein Zepter und ein Thron ausgeliefert worden waren, die nach der Behauptung Alibos von Salomo (?) herstammen sollen, und die Menelik zu besitzen wünschte. Während Graf Wickenburg 1901 von den abessinischen Behörden der Besuch der Inseln verwehrt wurde, hatte Frhr. v. Erlanger im November des vorangehenden Jahres hinüberfahren dürfen. Seine Karte (Zeitschrift d. Berl. Ges. f. Erdkde. 1904, Nr. 2) gibt fünf Inseln an, deren größte er Tullugudo oder Ladjibo nennt. Leider ist v. Erlanger durch seinen frühzeitigen Tod daran verhindert worden, mehr als ein paar Zeilen über den Suaisee mitzuteilen. Unter diesen Umständen sind die Angaben des französischen Journalisten H. Le Roux von Interesse, der im Sommer 1904 die Inseln im Auftrage Meneliks besuchen konnte, nachdem er sich bereits 1901 durch eine beachtenswerte Reise an den obern Blauen Nil bekannt gemacht hatte. Einem allerdings etwas vorsichtig zu behandelnden Auszuge aus Le Roux' Vortrage vor der Pariser geogr. Ges. („La Géogr.," 1905. **11**. p. 66 bis 69) entnehmen wir folgendes: Der Suai ist wahrscheinlich ein Kratersee, jedenfalls aber vulkanischen Urprunges; er ist natronhaltig, und die Ausscheidungen sind oft so reichlich, daß die Fische sterben. Hippopotami sind in Menge vorhanden. Die Tiefe gibt der Reisende auf 80 *m* an. Die drei Hauptinseln liegen im Südwesten; dem westlichen Ufer zunächst erhebt sich Haifut, dann folgt Famat und schließlich Debra-Sion, die größte. (Bei v. Erlanger heißt die größte Insel, wie erwähnt, Tullugudo, die beiden andern nennt er Dabria-Sina oder Debra-Sinai, die mittlere Galida oder Dalila.) Sie tragen schönen

[1]) Globus 1905. p. 402.

üppigen Wald. An Haustieren finden sich nur Ziegen, Schafe und einige Rinder. Die Bevölkerung — durch eine Epidemie auf ein Drittel der frühern Zahl reduziert — beträgt 4000 bis 5000 Seelen und besteht aus zwei Elementen, den Uato und den Guragie.

Der südliche Teil der Westküste von Sumatra ist von Dr. J. Erb untersucht worden.[1]) Nach seinen Ausführungen haben tektonische Vorgänge an der Westküste nicht als Seitenschub wie an der Ostseite, sondern vorwiegend im vertikalen Sinne dislozierend gewirkt. Die Küstenlinie verdankt ihre Entstehung Längsbrüchen oder Bruchsystemen, an denen der Flügel des Indischen Ozeanes absank oder, und zwar wahrscheinlicher, Südsumatra zum letzten Male emportauchte, während gleichzeitig an der Ostküste die pliozänen Gesteine faltend emporgestaut wurden. Die allgemeine Küstenrichtung ist Südost-Nordwest, also parallel zur Generalrichtung der Vulkanzone des zentralen Gebirges, anscheinend parallel zum alten Faltensysteme des Barisangebirges und parallel zur pleistozänen Faltungszone in der Residenz Palembang.

Als Faktoren, welche an der Umgestaltung der allgemeinen Küstengestalt in Südwestsumatra tätig waren und sind, werden vom Verf. in ihren Wirkungen charakterisiert:

1. eine große Zahl dicht benachbarter Flüsse, die nach kurzem Laufe dem Meere eine enorme Menge Geschiebe zuführen;
2. eine gewaltige Brandung, welche die weichen tertiären Gesteine, aber auch die vulkanischen Massen mit Hilfe der Strandgeschiebe stark angreift und abradiert;
3. eine einseitig NW gerichtete Küstenströmung, welche die großen Geschiebemassen aufbereitet und längs der Küste verschleppt.

Diese verschiedenen Faktoren haben eine im allgemeinen sehr ausgeglichene Küste geschaffen, mit weithin gleich gerichteter Küstenlinie; die Vorsprünge sind abgeschliffen, ehemals vorhandene Einbuchtungen mit Geschiebe- oder Sandmassen ausgefüllt.

Südlich von Passar Bintuhan, wo die Flüsse der See nicht mehr soviel Geschiebe zuführen, und die Küste gebuchteter ist, haben sich an vielen Stellen des Strandes riffbildende Korallen angesiedelt. „Das Strandriff bildet aber da nicht einen ununterbrochenen Saum längs der Küste, wahrscheinlich weil auch hier noch zahlreiche Flüßchen eine Menge grober Gerölle der See übergeben. Nur lokal und von lokalen Bedingungen abhängig treten Strandriffe auf, bald in geschützten, fast brandungsfreien Buchten, bald an Stellen stärksten Wellenganges. Überall sind sie vom gleichen Typus. Das Riff lehnt sich an den Strand an und baut sich von ihm 20 bis 100 *m* weit in die See hinaus. Sein Sockel, auf dem es küstenwärts ruht, ist selten entblößt; er muß aber aus festen Agglomeraten

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. Nr. 4. p. 252.

jungvulkanischer Gesteine oder aus tertiären Ablagerungen bestehen. In einigen Fällen ist die moderne, der See ausgesetzte Riffläche nur die Fortsetzung von älterm, jetzt über den Seespiegel erhabenem Riffkalke. Bei Flut ist das Strandriff überspült, bei Ebbe liegt der landwärts gelegene Teil, die Plattform, zum größten Teile über See. Was man aber bei diesem Wasserstande gewöhnlich sieht, sind die abgestorbenen Teile des Riffes; die lebende Zone liegt seewärts, am Rande unter der Brandung, und ist deshalb sowohl vom Lande wie von See her unzugänglich."

Die Falklandinseln. Der Naturforscher Rupert Vallentin hat eine Reihe von Jahren auf der entlegenen Gruppe der Falklandsinseln im südlichsten Amerika zugebracht und dort sowohl die Natur der Landschaft als die der Tier- und Pflanzenwelt beobachtet. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen auf den Falklandsinseln sind die sogenannten „steinernen Flüsse", die aus langsam fortgleitenden Quarzitblöcken bestehen. Die Ufer dieser „Ströme" bestehen aus Torf, dessen weiche Beschaffenheit wohl die wesentliche Erklärung für die eigenartige Erscheinung gibt. Vallentin ist zu der Überzeugung gekommen, daß die Steine, die jene „Flüsse" bilden, sich schon an ihrer Stelle befanden, bevor sich der Torf bildete. Wie der Torf dann mit der Zeit fortgeschwemmt und die eingeschlossenen Steine bloßgelegt wurden, nahmen diese eine Bewegung in der Richtung der größten Neigung des Bodens an. Ganz ähnliche steinerne Flüsse sind übrigens auch aus einigen Teilen des Himalayagebirges bekannt geworden. Im übrigen sind die Falklandsinseln durchaus nicht die trostlose Wüste, als die man sie sich gewöhnlich denkt. An einigen Stellen ist der Pflanzenwuchs ein geradezu üppiger, und die Küsten der Buchten von Westfalkland bieten dem Auge sogar ein überaus reizvolles Bild, wenn die dort reichlich wachsenden Büsche des Falklandbuchsbaumes, eines Gewächses der Gattung Veronica, ihre prächtigen und wundervoll duftenden Blüten tragen. Unter geeigneter Pflege konnten dort an geschützten Stellen die feinsten Gemüse gezogen werden. Mit Rücksicht auf die Tierwelt ist die Ermittlung von Wichtigkeit, daß der Wolf der Falklandsinseln jetzt völlig ausgerottet ist. Damit wird der großen Liste der vom Menschen gänzlich vernichteten Tiere eine neue Nummer hinzugefügt. Für die Wissenschaft ist das Verschwinden jenes Wolfes oder Fuchses, wie er von den dortigen Ansiedlern gewöhnlich genannt wurde, besonders bedauerlich, weil es ein ungewöhnlich interessantes Tier war und außerdem in unsern Museen nur sehr ungenügend vertreten ist. Der Wolf der Falklandsinseln war nämlich nach einer Untersuchung Huxleys nahe verwandt mit dem nordamerikanischen Präriewolfe, während in ganz Mittel- und Südamerika überhaupt keine echten Wölfe leben, so daß das Vorkommen der beiden Vettern in so weit entfernten Gebieten der Wissenschaft

ein schwieriges Rätsel aufgibt. Der letzte seines Geschlechtes soll übrigens schon im Jahre 1876 getötet worden sein. Die häufigsten Wirbeltiere auf den Falklandsinseln sind Vögel und unter ihnen drei Arten von Pinguinen und eine kleinere Art des Albatros, die von den Seeleuten Hallemucke oder auch Eissturmvogel und Falmar genannt wird.[1])

Die Insel Diego Alvarez im südlichen atlantischen Ozeane ist 1904 von Brown (schottische Südpolarexpedition) besucht worden. Sie liegt 500 *km* südöstlich von Tristan da Cunha auf dem mittelatlantischen Höhenrücken, ist 15 *km* lang und 7 bis 8 *km* breit und wird von England als Besitzung in Anspruch genommen. Das wenige von der Insel bisher bekannt Gewordene rührt von den flüchtigen Besuchen englischer Kriegsschiffe her; der Aufenthalt der schottischen Expedition währte auch nur einen Tag, dürfte aber bei der wissenschaftlichen Vorbildung der Mitglieder genügt haben, alle wissenswerten Daten über die kleine Insel aufzuzeichnen. Die Insel ragt steil bis zu 70 *m* Höhe aus dem Meere empor und steigt im nördlichen Teile bis zu 1400 *m* Höhe an; der Steilabfall zur Küste ist völlig mit Vegetation bedeckt, und zahlreiche Wasserfälle stürzen über die steilen Wände bis zu 100 *m* Tiefe in das Meer. Die wildzerrissene Steilküste zeigt die deutlichen Spuren des brandenden Meeres, das gleichzeitig mit der Verwitterung an der Zerstörung der aus vulkanischen Gesteinen aufgebauten Insel arbeitet. An einigen Stellen haben die Wasserläufe tiefe Täler in das Gestein eingesenkt und so leidlich gangbare Zugänge zum Innern der Insel geschaffen. Die außerordentlich dichte Vegetation erschwerte das Vordringen in nicht geringem Maße, große Büschel von Tussockgras wuchsen in den tiefern Lagen, und knorrige Baumvegetation bedeckte die Berge bis zu 700 *m* Höhe; in den feuchten Tälern wucherten Baumfarne, und längs der Wasserläufe und unter den Wasserfällen war alles mit Farnkräutern und Moosen bedeckt. Soweit festgestellt werden konnte, bestand die Flora der Insel aus 17 Arten blühender Pflanzen, 10 Farnkräutern, 10 Laubmoosen, 3 Lebermoosen, 7 Flechten einem Schwamme und verschiedenen kleinen Algen; die Küste zeigte den allen südlichen Inseln eigentümlichen Streifen von Seetang. Die Avifauna zeigte 23 oder 24 Arten, von denen 19 gesammelt wurden; zwei bisher unbekannte Ammerarten und ein prächtig gelbrot schillerndes Wasserhuhn waren die einzigen Landvögel. Das einzige Säugetier der Insel war unsere Hausmaus (mus musculus), welche jedenfalls bei frühern Besuchen der Insel eingeführt worden war und sich stark vermehrt hatte. Eine Anzahl erbeuteter Insekten, darunter Käfer und Fliegen, sind noch nicht bestimmt worden.

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1905. p. 187.

Sowohl Fauna wie auch Flora zeigten große Ähnlichkeit mit denen des benachbarten Tristan da Cunha.[1])

Die Insel Tristan da Cunha. Ungefähr halbwegs zwischen dem Kap der guten Hoffnung und der südamerikanischen Ostküste liegt mitten im Atlantischen Ozeane eine kleine Inselgruppe, deren größtes Eiland den Namen seines Entdeckers Tristan da Cunha trägt. Wie alle Inseln, die sich aus der Tiefsee erheben, ist sie vulkanisch und erhebt sich bis zu 2500 *m* über den Spiegel des Meeres. Die Insel ist reich bewässert, und das Klima angenehm und gesund, die Landung jedoch ziemlich schwierig, auch kommen Stürme nicht selten vor, und gewaltig branden zu Zeiten die Wogen des Ozeanes an den felsigen Gestaden. Das Gesamtareal der Insel beträgt etwa 110 *qkm*. Im Jahre 1811 erklärte ein Amerikaner namens Jonathan Lambert die bis dahin herrenlose Insel für sein Eigentum und siedelte sich mit drei Gefährten auf derselben an. Während Napoleon auf St. Helena lebte, hatte England die Insel besetzt, zog aber 1821 seine Besatzung zurück. Dagegen wurden dem Korporal William Gloß, seiner aus sieben Söhnen und acht Töchtern bestehenden Familie und zwei Matrosen die Erlaubnis erteilt, sich dauernd auf der Insel niederzulassen. Gloß lebte noch im Jahre 1852, und nach dem Berichte des Kriegsschiffes Herald bestand damals die Niederlassung aus neun Familien mit zusammen 85 Personen. Gloß war anerkanntes Oberhaupt der Gemeinschaft, und nach seinem Tode folgte ihm in dieser Eigenschaft Peter Green, der vor wenigen Jahren in hohem Alter starb. Im Januar 1903 wurde die Insel von dem britischen Kriegsschiffe Thrush besucht, das den Auftrag hatte, sich nach den Ansiedlern umzusehen. Kapitän z. S. Meuß gibt eine Zusammenstellung des Wesentlichsten aus den Befunden. Hiernach ist die Insel recht fruchtbar; es gedeihen dort alle europäischen Kulturpflanzen, als Feldfrucht wird aber nur die Kartoffel gepflanzt, da die von einem gestrandeten Schiffe eingeführten Ratten den Körnerfruchtbau unmöglich machen. Gegen diese Rattenplage ist auf Tristan da Cunha ebensowenig wie auf St. Helena anzukommen. Auf den saftigen Weideplätzen sieht man Herden von Rindern, Eseln und Schafen, und als Haustiere werden Schweine sowie Geflügel verschiedener Art gehalten. Die Mehrzahl der Inselbewohner ist weiß, obgleich sonngebräunt. Einige verraten Anzeichen von Negerblut, besonders Angehörige der ältern Generation. Die Kinder waren sämtlich wohlgenährt, reinlich und gut gekleidet. Die Männer betreiben Ackerbau, Viehzucht und Fischfang, Handel mit gelegentlich vorbeikommenden Schiffen und sind geübte Bootsführer und Schwimmer. Alle Kleiderstoffe müssen von außen bezogen werden. Nach Greens Tode wird ein Oberhaupt nicht mehr

[1]) Scott. Geogr. Journ. 1905. p. 430. Geogr. Zeitschr. 1905. p. 531.

anerkannt, ein Geistlicher ist auch nicht auf der Insel ansässig, aber allenthalben herrscht Friede und Eintracht unter den Bewohnern, deren Anzahl 75 in 19 Familien beträgt. Sie erfreuen sich ausnahmslos der besten Gesundheit. Zu Eheschließungen und Taufen ist der Kommandant des gelegentlich die Insel besuchenden englischen Kriegsschiffes ermächtigt. Der früher sehr einträgliche Walfischfang in der Nähe der Insel verschaffte den Inselbewohnern durch Tausch die ihnen fehlenden Lebensbedürfnisse, seitdem er zurückgegangen, herrscht bei den Bewohnern der Insel zeitweilig Not.

Die Marcusinsel.[1]) Die im nördlichen Teile des Großen Ozeanes nordöstlich von den Marianen gelegene kleine Marcusinsel, deren lange Zeit unsichere Lage erst 1874 von der „Tuscarora“ bestimmt wurde, die aber sonst ganz unbekannt geblieben war, ist im Jahre 1902 von W. A. Bryan vom Bishopmuseum in Honolulu geologisch, zoologisch und botanisch untersucht worden. Über die erste Entdeckung und Benennung der Insel, welche auf den Karten auch Weeks Island heißt, ist nichts Gewisses bekannt, und man erinnerte sich ihrer erst wieder, als dort von den Amerikanern Guano aufgefunden und ausgebeutet wurde, und infolgedessen ein Streit zwischen Japan und den Vereinigten Staaten entstand. Dieser ist zugunsten letzterer entschieden worden, und Bryan machte seine Reise an-Bord eines amerikanischen Guanoschiffes. Die Gestalt von Marcus-Island ist ungefähr die eines Dreieckes, dessen längste Seite 3 *km* mißt. An den Ecken ist sie am höchsten; die höchste Stelle mit 22 *m* liegt am Nordende. Das umgebende Riff zeigt den gewöhnlichen Charakter; es ist vielfach unterbrochen, doch gibt es nur zwei eigentliche Passagen. Die Küsten bilden Korallensand und Geröll, mit großen Blöcken von Korallenfels, teilweise in beträchtlicher Höhe über der See. Auch ein sehr festes altes Strandkonglomerat wurde beobachtet, das zum Teile aus demselben Materiale bestand, zum Teile aus mit Sand gemischtem Humus. Diese Stellen sind gewöhnlich dicht bewaldet. Einige kleine Niederungen sind offenbar die Überreste einer Lagune, um die die Insel sich aufgebaut hat. Daß sie ein altes, gehobenes Atoll ist, wird auch durch stufen- und bankähnliche Strandlinien an der Ostseite, durch erhöhte Inseln freiliegenden Korallenkalkes und durch zerstreute große Blöcke aus demselben Materiale erwiesen.

Die Insel Nuischima. Am 14. November 1904 wurden die Bewohner der Insel Iwo, einer der kleinen südjapanischen Inseln, in der Nähe der Bonininseln gelegen, durch ein dumpfes, explosionsartiges Geräusch erschreckt, das vom Meere her zu kommen schien. Vierzehn Tage später wurde etwa drei Seemeilen südlich von Iwo

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie **27**. p. 140.

eine mächtige Rauchsäule bemerkt, die aus dem Meere aufstieg. Die Bewohner der Insel glaubten zunächst, daß der Rauch von einem Kriegsschiffe stamme, doch war ein solches nicht zu bemerken, und die Menge des Rauches nahm derartig zu, daß die See zu brennen schien. Auch in den nächsten Tagen dauerte die Erscheinung fort. Da tauchte am 5. Dezember mitten im Rauch ein kleines Eiland auf, und am 8. Dezember schien es, als ob es drei Inseln wären. Allmählich nahm der Rauch, der ursprünglich nur schwarz und weiß gewesen war, verschiedene Farben an bis zum lebhaftesten Rot. Am 12. Dezember wurde eine einzige größere Insel gesehen, und man glaubte zu beobachten, wie sie sich aus der Flut emporhob. Im Osten zeigte sie sich hügelartig erhöht und gegen Westen hin allmählich abfallend. Vom 14. Dezember bis 2. Januar 1905 veränderte sich das Profil der Insel ständig weiter; im besondern hob sich die Westseite immer mehr. In der Mitte stiegen fortgesetzt ungeheure Rauchmengen in die Höhe, die in der Farbe zwischen weiß und schwarz wechselten. Die Insulaner von Iwo, die den größten Teil des Tages an der Küste verbrachten, um das Schauspiel zu sehen, wurden immer neugieriger, und zehn Mann von ihnen entschlossen sich schließlich, eine Forschungsreise nach dem mysteriösen Eiland zu unternehmen. Mit einem größern Boot und einem Kahn legten sie zunächst an der kleinen Insel Süd-Iwo an, die unbewohnt ist. Hier fanden sie den Boden von der letzten Eruption her mit einer Schicht Asche bedeckt, die das Gras verbrannt hatte. Am 1. Februar endlich näherten sie sich der neu erstandenen vulkanischen Insel und landeten auf ihr. Sie erstiegen schließlich deren höchsten Punkt und pflanzten hier auf einer Stange die japanische Flagge auf. Den Umfang der Insel schätzten sie auf etwa $2\frac{3}{4}$ Meilen und ihre Höhe auf etwa 150 *m*. Die Entdeckung wurde später der japanischen Regierung auf der Insel Bonin gemeldet, und diese hat die neue Insel Nuischima getauft. Indessen hat diese neue Insel keinen Bestand, denn sie ist seit Anfang 1905 wieder im Verschwinden begriffen und wahrscheinlich heute schon versunken[1]).

Die Bonininseln liegen auf einer meridionalen Vulkanspalte, der „Magna Fossa“ Naumanns, die Nippon durchsetzt und auf der auch der bekannte Fujijama liegt, nach dem sie als Fujizone benannt wird. Katastrophen sind hier nicht allzu selten gewesen; so ist der furchtbare Ausbruch des Bandai (nördlich des Fujijama) vom Jahre 1888 zu nennen. Den südlichen Endpunkt der Fujizone bezeichnen die deutschen Marianen. Auch auf ihnen haben wohl noch in verhältnismäßig neuer Zeit vulkanische Veränderungen stattgefunden, wie man aus dem Mangel an Übereinstimmung älterer Seekarten mit neuern Aufnahmen schließen darf.[2])

---

1) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie.
2) Globus 1905. p. 387.

Die Marianen schildert auf Grund eigener Anschauung Hermann H. L. W. Costenoble.[1]) Ihr Areal umfaßt 1140 *qkm*, wovon 500 *qkm* auf das amerikanische Guam entfallen, der Rest ist deutscher Besitz. Die Reihenfolge der Inseln von Nord nach Süd ist folgende:

Farallon de Pajaros, Uraccas, Assumption, Agrigan (32 *qkm* ältere Messung), Pagan (100 *qkm* a. M.), Alamagan (8 *qkm* a. M.), Guguan, Sariguan, Anatachan, Farallon de Medinilla, Saipan (180 *qkm* a. M., aber nur etwa 130 *qkm* neue Messung), Tinian (130 *qkm* a. M., aber nur etwa 90 *qkm* n. M.), Agujan, Rota (114 *qkm* a. M.), Guam (514 *qkm*).

Saipan, die deutsche Hauptinsel, ist etwas über 22 *km* lang, 11 *km* breit und hat einen Umfang von 60 *km*. Tinian liegt von ihr nur drei Seemeilen entfernt, so daß man mit bloßem Auge Vieh und Menschen von Saipans Südspitze aus deutlich erkennen kann. Nicht viel weiter wiederum liegt Agujan von Tinian. Das im Norden gelegene Uraccas besteht aus drei kleinen, nahe beieinanderliegenden Inseln, wohl den Randresten eines versunkenen Kraters. Alle übrigen Inseln aber liegen weiter auseinander, so daß man nur bei klarem Wetter die Umrisse der einen von der andern aus sieht.

Einige der Marianen sind im Laufe der Jahrhunderte verschwunden, vielleicht wieder untergetaucht. Sicher ist dies wenigstens von der Zealandia-Bank, die zwischen Sariguan und Guguan lag. Ebenso ist die westlich von Guam gelegene Insel Anson untergegangen, und zwar samt einer Kanakenbevölkerung von etwa 100 Seelen, welche früher in regem Verkehre mit der Insel Jap gestanden hatte.

Ihre Entstehung verdanken die Marianen zweifellos einer gewaltigen Erdspalte, die sich von Guam bis Japan erstreckt, und der sie, wie die nördlich von ihnen gelegenen Volcanos- und Bonininseln, bis über das Meer empor entquollen sind.

Die nördliche Gruppe besteht auch lediglich aus vulkanischem Gesteine, und ihre Inseln, die mit Anatachan schließen, steigen entweder ganz in der Form der Vulkankegel empor oder werden doch von solchen überragt, während Schlacken, Aschen und Lava sie bedecken. Sämtliche noch in Tätigkeit befindliche Vulkane liegen auf den Inseln dieser nördlichen Gruppe. Dagegen sind allem Anscheine nach die Südinseln, nämlich Guam, Rota, Agujan, Tinian, Saipan und Medinilla, nicht nur wesentlich langsamer emporgestiegen, sondern es haben zu jener Zeit der Neubildung offenbar auch größere Pausen zwischen den einzelnen unterseeischen Ausbrüchen geherrscht. Denn die ganze Südgruppe ist bis auf die höchsten Erhebungen mit Madreporenkalk überkleidet, der oft Bänke von mächtiger Höhe bildet, die der Landschaft dieser Inseln ihren eigenartigen, oft wildromantischen Reiz verleihen.

[1]) Globus **88**. p. 4.

Häufige Erdstöße, die aber durchschnittlich viel geringere Stärke aufweisen wie die gleichen Erscheinungen in Japan, erinnern an die vulkanische Entstehung der Marianen. Sie mahnen aber auch den Siedler daran, daß er hier nicht den Bau von steinernen Gebäuden unternehmen sollte, die zuerst und fast stets allein den Erdbeben erliegen, sondern nach dem Beispiele der hierin erfahrenen Japaner dem Holzbaue den Vorzug geben muß.

Rota ist sehr malerisch und hat genügend Wasser, Tinian ist flach und etwas wasserarm, Saipan, die deutsche Hauptinsel, wird von Norden nach Süden von einer in dem Berge Tapachao bis 550 *m* ansteigenden Gebirgskette durchzogen, die nach Süden zu allmählich in niederes Land mit sanften Erhebungen übergeht. Westwärts fällt das Gebirge schnell in eine breite Ebene ab, die von einer weiten Korallenbank umsäumt wird; ostwärts neigt es sich langsamer. Die Westseite, also die Ebene, ist nicht wasserreich. Sie hat zwei wirkliche Bäche mit Süßwasser im nördlichen Teile, einen Brackwasserlauf etwa in der Mitte, wo auch noch einige unbedeutende Quellen mit süßem Wasser entspringen, um sich sofort wieder in den Boden zu verlieren, und endlich zwei Brackwasserlagunen im Süden. Wasserreicher ist dagegen der (landwirtschaftlich viel geringwertigere) Osten von Saipan, und zwar vom Süd- bis nahe an das Nordende der Insel. Sieben Bäche und eine ganze Anzahl starker Quellen fließen hier auch während der längsten Trockenzeiten.

Korallenriffe umgeben einen Teil der Küsten aller dieser Südinseln, und ihre Häfen werden durch Einschnitte in diese Riffe gebildet. Saipan hat zwei solche, freilich minderwertige Häfen, nämlich den im Westen gelegenen und durch die kleine einige Quadratmeter messende Riffinsel Managana wenig geschützten Tanapaghafen (in den aber größere Schiffe der zu flachen Einfahrt wegen nicht einlaufen können) und den auch nicht bessern bisher unbenutzten Hafen von Laula (die Magiciennebai der Seekarte) im Süden.

Die Temperatur zeigt Schwankungen von etwa 16°. Von 20° im Nordwinter steigt sie bis 36° im Sommer, wenigstens auf der Westseite von Saipan, während der Osten nicht die gleichen hohen Erwärmungen kennt. Er ist eben am stärksten den Winden ausgesetzt und fast vollständig bewaldet.

Das Klima der Marianen ist tropisch, aber durch die starke Wirkung der Seebrisen äußerst gemildert.

Vom Januar bis Juni weht meist Nordostwind, der klares Wetter mit geringen Regenfällen zur Folge hat. Vom Juli bis Dezember herrschen Ostwind, Südwind und Südwestwind vor, die reichliche Niederschläge bringen, zuweilen aber, besonders in den Monaten Juli bis Oktober, in jene gefürchteten Stürme der Südsee, die Taifune, ausarten. Dann stürmt in gewaltigen Wogen die See gegen das Land und überflutet dessen niedrigere Teile; wolkenbruchartig, aber fast wagerecht durch den Sturm getrieben, gießen gewaltige Fluten

vom Himmel herab, unaufhörlich kracht und prasselt es im Walde, wo die fallenden Äste und stürzenden Bäume der Kraft des Unwetters erliegen. Die Bäche wie die toten Bachläufe füllen sich in wenigen Minuten zu rauschenden Strömen, die Felsblöcke und Baumstämme zum Meere tragen.

Die Flora der Marianen ist ziemlich reichhaltig und weist malaiisch-asiatischen Charakter auf. Dichter Wald bedeckt einen großen Teil der Inseln, und zwar bis hinauf auf die höchsten Erhebungen, zuweilen unterbrochen durch ausgedehnte Savannen mit oft übermannshohem, kaum durchdringlichem Graswuchse.

Die Tierwelt der Marianen ist arm an Arten, aber reich an Individuen. Die Säugetiere sind nur durch wenige Spezies vertreten. Eine Plage der Inseln bilden die zahlreichen Ratten.

Aufbau und Entstehung der Aldabrainsel behandelte Voeltzkow.[1]) Die nordwestlich von Madagaskar zwischen den Seychellen und Komoren gelegene Insel Aldabra ist ein echtes Atoll und besitzt eine schmalovale Gestalt mit westöstlich gerichteter langer Achse. Das Festland der Insel stellt einen fast vollständig geschlossenen Ring dar und besteht aus einem homogenen, dichten, harten Kalksteine, der nur an wenigen Punkten von kleinen Partien von Korallenkalk bedeckt ist, die augenscheinlich Reste einer einst weiter ausgedehnten Korallenbank darstellen. Während der Flut ragt das Festland ca. 3 bis 4 *m* aus dem Meere hervor und wird nach außen von einem beiläufig 4 bis 5 *m* hohen, senkrechten Absturze begrenzt. Die Insel, die wie abradiert aussieht, ist wenig bewaldet und zeigt meist eine nackte, felsige Oberfläche mit schüsselförmigen Aushöhlungen, die durch scharfe Grate getrennt sind. Der Absturz gegen das Meer ist überall ausgehöhlt und tief unterwaschen. Diese Unterwaschungen reichen bisweilen 10 *m* nach innen, so daß der Rand der Insel an solchen Stellen nur aus einer überhängenden Kalkplatte gebildet wird. Vielfach findet man auch abgestürzte Partien. An dieses konstant über dem Meeresspiegel gelegene Land schließt sich nach außen eine ebene Fläche, welche während der Flut einige Meter unter Wasser liegt, während der Ebbe aber trocken ist und gegen das Meer zu ebenfalls mit einem steilen, 4 bis 6 *m* hohen und unterwaschenen Absturze abbricht. (Äußere Riffläche.) Es folgt nun eine dritte Fläche, die aber nicht mehr horizontal, sondern flach nach außen geneigt ist und in einer Tiefe von beiläufig 100 *m* steil in große Tiefen abstürzt (Abhang.) Die äußere Riffläche ist ohne Korallenwuchs, dagegen ist der anschließende Abhang mit Korallen bedeckt, die namentlich an der westlichen Seite üppig gedeihen.

---

[1]) Abhandlung herausgegeben v. d. Senkenbergschen naturforschenden Gesellschaft. **26**. p. 467; Referat von Fuchs in den Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien 1905. p. 182, woraus oben der Text.

Die Lagune der Insel ist sehr seicht und mit einem feinen, zarten Kalkschlamme erfüllt der bei jedem stärkern Winde aufgewühlt wird und das Wasser der Lagune milchig trübt. Bei Ebbe liegt der größte Teil der Lagune trocken, und bleibt das Wasser nur in dem Kanale zurück, durch den von Westen her die Flutströmungen mit großer Gewalt ein- und ausfließen und der augenscheinlich durch eben diese Strömungen erzeugt worden ist und durch dieselben offen gehalten wird.

In der Lagune findet man noch zahlreiche „Pilzinseln", die genau die Höhe der äußern Riffläche besitzen und aus demselben dichten Kalksteine bestehen wie das Festland.

Infolge der ungünstigen Lebensverhältnisse ist das Tierleben der Lagune ein äußerst spärliches, doch finden sich an einigen Stellen Mangrovedickichte, sowie Seegraswiesen, in denen sich zahlreiche Schildkröten aufhalten. In dem tiefern Kanale findet man hier und da Korallenstöcke, namentlich Heliopora coerulea.

Geht schon aus der bisherigen Darstellung hervor, daß das Aldabraatoll unmöglich einen aus der Tiefe emporgewachsenen Korallenbau oder überhaupt einen Korallenbau darstellen könne, so wird dies durch die mikroskopische Untersuchung des Kalksteines, der den Grundstock der Insel bildet, vollkommen erwiesen.

Die mikroskopische Untersuchung zahlreicher von den verschiedensten Stellen des Riffes entnommener Gesteinsproben ergab nämlich übereinstimmend das unerwartete und überraschende Resultat, daß dieser dichte, harte Kalkstein, der das Festland der Insel, die beiden Terrassen, mithin den ganzen Körper der Insel bildet, ausschließlich aus Coccolithen besteht. Von größern Foraminiferen oder von irgend einem Detritus anderer Meerestiere findet sich dazwischen keine Spur. Makroskopische Reste von Molluskenschalen sind nur äußerst selten anzutreffen. Das Ganze ist, wie der Verfasser sich ausdrückt, eine „Reinkultur von Coccolithen". In den äußern Gesteinsschichten sind die Coccolithen vollkommen durch Kalkspat zementiert, und das Gestein ist daher härter, weiter im Innern ist die Verbindung eine lockere und das Gestein infolgedessen weicher. Zerreibt man das Gestein in Wasser, so erhält man die Coccolithen isoliert in ausgezeichneter Erhaltung, und zeigen dieselben dann in destilliertem Wasser eine eigentümliche Wimmelbewegung, die jedoch in gewöhnlichem Wasser nicht auftritt.

Behandelt man Coccolithen mit einer schwachen Säure, so wird aller kohlensaure Kalk aufgelöst, doch bleibt trotzdem ein Korn zurück, welches ganz die Form der Coccolithen zeigt und nur um ein weniges kleiner ist. Dieses Korn kann natürlich nur aus einer sehr resistenten organischen Substanz bestehen.

Der Verfasser gibt nun eine sehr erschöpfende und detaillierte Darstellung des dermaligen Standes der Coccolithenfrage und schließt sich hierbei namentlich der Auffassung Dixons an, der in den einzelnen

Coccolithen und Rhabdolithen selbständige Organismen, in den Coccosphären und Rhabdosphären aber gewissermaßen Kolonien von solchen sieht. Er nimmt dabei ferner an, daß diese Coccolithen in der Litoralregion auf Algen und Seegras leben und nur zufällig durch Wind und Strömungen in den offenen Ozean getrieben würden, lauter Anschauungen, die gegenwärtig wohl gänzlich obsolet sind und nur mehr historischen Wert besitzen.

Ein ganz ähnliches weißes Coccolithengestein kommt auch in weiter Erstreckung an der Westküste von Madagaskar vor, doch ist dasselbe hier mehr weich und kreideartig.

Nach allem Vorhergehenden kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß die Aldabrainsel ihre jetzige äußere Form hauptsächlich den zerstörenden Kräften des Meeres verdankt.

Die Lagune ist zweifellos durch Auswaschung entstanden, wie die „Pilzinseln“ derselben als übrig gebliebene „Zeugen“ unwiderleglich beweisen. Die äußern teilweise submarinen Terrassen aber sind einfache Abrasionserscheinungen.

Die zerstörenden Kräfte, welche die jetzige Gestalt der Insel schufen, setzen ihre Tätigkeit offenbar auch jetzt noch fort, und es muß einmal eine Zeit kommen, in der die Insel vollkommen verschwunden und von ihr nichts übrig geblieben sein wird als ein unterseeischer Sumpf. Sobald die Insel so weit abgetragen ist, daß bei Stürmen nur wenig Detritus mehr gebildet wird, werden sich auf ihrer Oberfläche abermals Korallen ansiedeln, und die so gebildete Korallenbank wird den Stumpf vor weiterer Zerstörung schützen.

Stellen wir uns vor, daß dieser Stumpf abermals über die Meeresfläche gehoben würde, so würden sofort wieder die zerstörenden Kräfte einsetzen. Das Innere der Insel würde zuerst wohl durch die Regengüsse, später aber durch die ein- und ausströmenden Flutwellen zur Lagune ausgehöhlt werden, während von außen durch die Brandung die vorbesprochenen Terrassen von neuem hergestellt würden. Wir hätten dann wieder ein Atoll vor uns, welches nach außen terrassenartig abfällt und aus einem Coccolithengesteine besteht, dem nur hier und da Reste einer Korallenbank aufgesetzt sind.

Das Atoll Oleaï schildert H. Seidel.[1]) Das Zwillingsatoll Oleaï, auch Ulië oder Wolea genannt, liegt unter 7° 22 nördl. Br. und 143° 55° östl. L. v. Gr. und besteht aus einer größern West- und einer um die Hälfte kleinern Ostlagune, die beide nach Süden, beziehungsweise Südwesten offen sind. Auf den Riffbögen zählt man über 20 Teilinseln, von denen fünf das östliche Becken umranden, während die übrigen der geräumigern Westlagune zugehören. Für letztere ist seit Lütkes Aufnahme im April 1828 wenig geleistet worden.

---

[1]) Umlauft, Rundschau f. Geographie 1905. **27**. p. 97.

Selbst unsere jüngste Admiralitätskarte bringt auf ihrem Plane in 1:35000 kaum mehr als ein unverändertes Abbild der Zeichnung des Leutnants Sawalischin, der durch ausgedehnte Kanufahrten die Form des Riffes und seiner Inseln bestimmt und eine Reihe von Tiefen gemessen hat. Diese gehen bis zu 40 und 44 *m* hinab, vermindern sich jedoch zusehends gegen Süden und Südosten, wo Flachwasser und Korallenbänke den Verlauf des hier untergetauchten Atollrandes andeuten. Bei Tage wird derselbe schon an der hellern Färbung des Meeres erkannt, die sofort zur Vorsicht mahnt, selbst wenn die warnende Stimme der Brandung zufällig nicht ertönt. Auch der Weg in die Ostlagune zeigt sich durch peripherische Riffmassen gesperrt, die aber zwei brauchbare Passagen freilassen, welche zu beiden Seiten des Eilandes Motogosu vorbeiführen. Am empfehlenswertesten ist die östliche oder der Raurkanal, so genannt nach der ersten Insel auf dem äußern Zoophytenwalle, unter deren Schutz die Schiffe gewöhnlich ankern. Kanal und Lagune wurden im Januar 1876 von der deutschen Korvette „Hertha" bei Gelegenheit eines zweieinhalbtägigen Aufenthaltes durchlotet und die Darstellung der Teilinseln korrigiert, deren bedeutendste, Oleaï, bei Sawalischin zu stark in die Länge gezogen ist.

Oleaï wird gern als typisches Beispiel für das zuerst von Beechey ausgesprochene Gesetz zitiert, daß die Atolle unter dem Winde allgemein schwächer und zerrissener seien als auf der Gegenseite, wo den Polypen durch Strom und Brandung fortgesetzt reichlichere Nahrung zugebracht werde. Allein schon Darwin hat dies Gesetz einigermaßen beschränkt und auf die mancherlei Ausnahmen verwiesen, denen es in allen Teilen der Korallenmeere unterliegt. Auch in den Karolinen gibt es dieser Ausnahmen nicht wenige.

Aus dem Westkranze Oleaïs bleibt noch eine Teilinsel mit bogig eingeknickter Basis zu erwähnen, die seit Sawalischin auf allen Karten verzeichnet ist, aber damals wie jetzt ohne Namen. Ferner muß an Falalis erinnert werden, das ziemlich isoliert auf sichelförmigem Riffe liegt. Es ist besiedelt und wiederholt in Gestalt und Größe etwa Saliap und Ulemari, ihm nördlich gegenüber. Durch die Lücke zwischen Falalis und Raur ist die Lagune in bedenklichem Maße dem Südwestmonsune ausgesetzt, der von Mitte Juli bis Anfang November zu herrschen pflegt. Er wird gelegentlich und dann zumeist gegen sein Ende von heftigen Stürmen unterbrochen, die oftmals so ausarten, daß die See über die niedrigen Inseln hinwegrast und die Eingeborenen auf die Bäume verscheucht

Von sämtlichen Teilinseln der Gruppe, zu der Oleaï gehört, sind heute nach Dr. Born und Senfft nicht mehr als acht dauernd bewohnt. Diese heißen Raur, Paliau, Oleaï, Marijong, Tagaulap, Saliap, Utagal oder Ulemari und Falalis. Indes vermerkt unsere Seekarte, sowie ein Karton zu Blatt 29 im „Großen deutschen Kolonialatlas" noch auf Fareiles und Jalangigereil, beziehungsweise auf den Inselchen

von Elingarik bis Luisaga einzelne Wohnstätten, die jetzt vielleicht nur vorübergehend benutzt werden. Zu Lütkes Zeit waren selbst diese bescheidenen Sandflecke ständig besiedelt.

Die Tiefbohrungen auf der Koralleninsel Funafuti, die auf Veranlassung der Royal Society in London 1896 bis 1898 ausgeführt wurden, um die Hyothese Darwins über die Entstehung der Koralleninseln einer entscheidenden Prüfung zu unterziehen, haben zu wichtigen Ergebnissen geführt. Über dieselben ist jetzt ein Bericht erschienen[1]), dessen hauptsächlichsten Inhalt Prof. Diener in den Mitteilungen der K. K. geogr. Ges. in Wien[2]) resumiert. Hiernach ist Funafuti ein typisches Atoll, das sich als ein isolierter Bergkegel 17 000 Fuß aus den Tiefen des Ozeanes erhebt im Umrisse eines ungleichmäßigen Viereckes mit NNO bis SSW gerichteter großer Achse. Die gleiche Richtung der Längenachse findet sich bei den meisten Atollen der Ellicegruppe und sehr vielen andern Atollen des Stillen Ozeanes und wurde von Kraemer auf die herrschenden Windrichtungen zurückgeführt. Indessen herrschen auf Funafuti vom März bis November SO - Passate, vom Dezember bis Februar NW-Monsune, die Hauptachse von Funafuti ist daher fast rechtwinklig zu der herrschenden Windrichtung. Die Bohrung wurde bis zu einer Tiefe von 1114.5 engl. Fuß getrieben. Nach den Angaben von Prof. Judd war das Gestein bis 748 Fuß Tiefe sehr wenig fest, so daß nur 0.1 der Bohrkerne als fester Kalksteine erhalten wurde. Das tiefste Drittel der Bohrung verlief in festem Kalksteine oder Dolomit. Nirgends wurde eine Spur von Bimsstein oder von vulkanischer Asche angetroffen. Zwei Regionen innerhalb des Bereiches der Bohrung waren durch hohen Magnesiagehalt ausgezeichnet, die eine nahe der Oberfläche (10 bis 35 Fuß) zeigte einen Gehalt von 9 bis 16% Magnesiumkarbonat, die andere, viel ausgedehntere, in der Tiefe von 637 bis 1114 Fuß solchen von 35 bis 40%. Das Gestein in der Tiefe des Bohrloches ist daher als ein Dolomit zu verzeichnen. Über die Ursache der Dolomitisierung des Riffkalkes ist eine befriedigende Erklärung noch ausständig.

Der Kalk und Dolomit des Atolls ist ausschließlich organogenes Sediment. Allenthalben findet man in demselben die Reste von Foraminiferenschalen, Kalkalgen und Korallen, daneben Seeigelstacheln, Annelidenröhren, Krebspanzer, Spongiennadeln, Schnecken- und Muschelschalen. Die Zwischenräume zwischen den Bruchstücken der noch als solche erkennbaren organischen Reste sind ausgefüllt mit kristallinischem Kalkspat oder Dolomit. Viele organische Fragmente sind nach der Zementierung aufgelöst worden, und an

---

[1]) The Atoll of Funafuti. Borings into a coral reef and the results. Being a report of the Coral reef committee of the Royal Society, London 1904.

[2]) 1905. p. 117 ff.

ihrer Stelle treten Hohlräume im Gesteine auf. Am meisten sind die Korallen von dieser Auflösung betroffen worden. In größerer Tiefe als 180 Fuß sind ihre Kelche fast durchwegs zerstört und nur Ausgüsse derselben als Steinkerne erhalten geblieben. Von der Oberfläche bis 150 Fuß Tiefe ist nur ungefähr ein Fünftel des Riffkalkes Korallenkalk im strengsten Sinne, nämlich bloß aus Korallensediment bestehend. Vier Fünftel sind Lithothamnionkalk und Foraminiferensediment.

Der englische Bericht gibt nur die Tatsachen, ohne Schlußfolgerungen für oder gegen die Darwinsche Korallenrifftheorie zu ziehen. Prof. Diener bemerkt aber: „Eine Mächtigkeit des Riffkalkes von über 300 *m* erscheint durch die Bohrung erwiesen. Noch an der Zusammensetzung der tiefsten Lagen des Riffkalkes sind Korallen beteiligt, die nur bis zu einer Tiefe von 30 Faden leben können. Die Ansicht, daß das Korallenriff nur eine dünne Kruste des eigentlichen vulkanischen Atollkernes bilde, erscheint vollständig widerlegt, und die Darwinsche Hypothese, die die Entstehung der Atolle durch eine langsame positive Bewegung der Strandlinie erklärt, wieder zu Ehren gebracht. Der Nachweis, daß die Riffkorallen an dem Aufbaue der Atolle nicht den Hauptanteil nehmen, sondern als Sedimentbildner hinter den Kalkalgen und Foraminiferen zurückstehen, bestätigt die Erfahrungen der holländischen Sibogaexpedition in der Sundasee, die den innigen Zusammenhang von Algen- und Korallenriffen kennen gelehrt haben."

Das Meer.

Färbung der Meeresoberfläche. Über eine eigenartige Erscheinung im Indischen Ozeane wird von dem Dampfer Numantia der Hamburg-Amerika-Linie folgendes berichtet: „Am 6. August in ca. 11½° nördl. Breite und 60° östl. Länge gegen 8h nachmittags färbte sich das Wasser allmählich innerhalb einer Viertelstunde weiß, so daß man schließlich in Milch zu fahren schien. Diese Färbung des Wassers hielt ca. 5 Stunden bis zum Aufgange des Mondes an. Ich habe bisher erst einmal in meinem Leben eine gleiche Erscheinung bemerkt; es war im August des Jahres 1888 unter der Küste von Java. Damals hatten wir kurz vorher ein Seebeben gehabt und meinten, die Erscheinung rühre daher. Interessant wurde die jetzige Erscheinung auch dadurch, daß eine Unmasse fliegender Fische an Bord kam."

Tiefseeforschungen im Großen Ozeane. Seit Oktober 1904 ist Prof. Alexander Agassiz an Bord des Fischereidampfers „Albatroß" auf einer neuen Forschungsfahrt im Großen Ozeane begriffen. In „Science", 21. p. 178, wird ein aus Lima, vom 28. November,

datierter Brief von Agassiz mitgeteilt, der über die ersten Ergebnisse der Fahrt Aufschluß gibt. Am 6. Oktober verließ die „Albatroß" San Francisco. Von Panama aus ging es dann über Punta Mariato gegen die Chataminsel in der Galapagosgruppe. Die tiefste Stelle wurde mit 1900 Faden etwa 100 Seemeilen südwestlich von Punta Mariato gemessen. Von da nahm die Tiefe allmählich ab bis auf 1418 Faden, 80 Seemeilen von Chatam Island, hierauf schneller, so daß die 1000 Fadenlinie nur 60 Seemeilen von der Insel entfernt liegt. Südlich der Hoodinsel fand man, daß nach dieser Seite hin der Sockel der Galapagos steiler abfällt, indem man 50 Seemeilen südlich von ihr bereits 1700 Faden lotete. 100 Seemeilen weiter südlich wurden 2000 Faden gemessen, und diese Tiefe wurde in östlicher Richtung auf Punta Aguja (Küste) zu verfolgt, wobei sich halben Weges bis 60 Meilen von der Küste 2200 Faden ergaben; hierauf stieg der Boden sehr schnell an. Sodann lotete man von Punta Aguja nach Südwesten bis zu einem Punkte 675 Seemeilen westlich von Callao und fand dort 2200 bis 2590 Faden. Demnächst dampfte man ostwärts auf Callao zu und untersuchte eingehend die Milne-Edwardstiefe. Die Lotungen — 1490 bis 3200 Faden, aber auch nur 458 — zeigten innerhalb dieser Tiefe eine sehr große Unregelmäßigkeit des Bodens auf einem Areale von weniger als 60 Seemeilen Durchmesser. Serientemperaturmessungen wurden an sechs Stationen ausgeführt, von denen je zwei an den fernsten westlichen Punkten der Reiseroute liegen, zwei im Zentrum der großen Peruströmung und zwei in mäßiger Entfernung von der Küste. Es ergab sich daraus ein ungewöhnlich schneller Temperaturfall zwischen der Oberfäche und 50 Faden Tiefe, nämlich von 22° auf 15° an der nördlichen der westlichsten Stationen. Bei 200 Faden betrug sie 10.5, bei 600 Faden 4.7 und bei 2000 Faden am Boden 2.5°. Die Temperaturen an den übrigen Stationen verhielten sich ähnlich und waren nur im Osten in den mittlern Tiefen um etwa einen Grad höher. Viel Interessantes förderten auch die zoologischen Forschungen zutage; so war die große Zahl und Mannigfaltigkeit der innerhalb der 300 Fadentiefe vorhandenen pelagischen Fische in 300 bis 650 Seemeilen Landferne bemerkenswert. Es befanden sich viele darunter, die man bisher für Tiefseefische gehalten hat (z. B. Stylophthalmus und Dissomma). Die Weiterreise ging im Dezember von Callao nach der Osterinsel und zurück nach den Galapagos.[1])

Die Bodenformen des südlichen Eismeeres und die Bodentemperaturen daselbst behandelt Prof. G. Schott[2]) nach dem Stande der Kenntnisse im Jahre 1905, also nach dem vorläufigen Abschlusse der südpolaren Fahrten. Er gibt dabei eine Tiefenkarte der südlichen

[1]) Globus 1905. p. 340.
[2]) Petermanns Mitt. 1905. p. 241.

Meere, aus welcher ersichtlich ist, daß das zurzeit noch völlig unbekannte antarktische Gebiet fast genau durch den 70° südl. Br. bezeichnet ist. Nur bei Coats-Land (10 bis 20° westl. L.), König Eduard- und Viktoria-Land reicht unsere Kenntnis mehr südpolwärts. Von Adélaide- bis Enderby-Land, durch 100 Längengrade dehnt sich der weiße Fleck des Unerforschten äquatorwärts über den 70° südl. Br. hin aus. Im Weddellquadranten ist jetzt nachgewiesen, daß sich das Rückgrat des Atlantischen Ozeanes nicht bis zum Antarktischen Kontinente erstreckt. Die Roßtiefe in 68° 34', südl. Br. und 12° 49', westl. L. existiert nicht. Für den Enderbyquadranten erscheint ,wenn man die Bodenformen im großen ganzen betrachtet, der Gegensatz zwischen dem vergleichsweise flachen Osten, d. h. der Kerguelenschwelle, und dem tiefen Westen, d. h. dem Atlantisch-indischen Südpolarbecken, in erster Linie charakteristisch. Was man schon nach den vereinzelten Messungen des „Challenger“ annahm, hat durch die Lotungen des „Gauß“ südlich von 60° S. eine weitere Stütze erhalten, daß nämlich von rund 70° O., d. h. dem Meridiane von Kerguelen ab nach O. hin, und zwar bis in den Stillen Ozean hinein, ein nur 3- bis 4000 *m* tiefes Meer existiert, welches somit eine riesige relative Anschwellung darstellt, von der die Kerguelenschwelle nur den westlichsten Teil bildet. Vereinzelte tiefere Lotungen von mehr als 4000 *m* kann man, vorläufig wenigstens, als isolierte Vorkommnisse betrachten.

Für den Viktoria- und Roßquadranten (90° O. über 180 bis 90° W.) gilt in erster Linie, daß die mit der Kerguelenschwelle anhebende allgemeine Abnahme der Tiefe bis auf Beträge von weniger als 4000 *m* anhält und somit einen charakteristischen Gegensatz zu den Verhältnissen im Weddellquadranten und in der westlichen Hälfte des Enderbyquadranten schafft, wo in dem gewaltig ausgedehnten Becken das Lot noch nahe der Festlandsküste über 4000 *m* und zwischen 70 und 50° S. über 5000 *m* ergibt.

Der in dem Viktoriaquadranten sehr breiten Schwelle gegenüber gelagert ist zunächst die „Südaustralische Mulde“, eine Neubenennung, die sich wohl empfiehlt, da diese der großen Bucht der australischen Südküste in charakteristischer Weise eingelagerte Mulde eine nur schmale Verbindung mit dem Indischen Becken besitzt. Darauf folgt die Ostaustralische Bucht und das Pazifische Südpolarbecken. Man kann, alles zusammenfassend, mit bestimmten Einschränkungen sagen: Im Weddellquadranten und im Enderbyquadranten führt ein an das südpolare Festland fast unmittelbar sich anlehnendes Tiefbecken nach N. hin zu ausgedehnten Schwellen. Im Viktoria- und im Roßquadranten ist es umgekehrt: da sinken breite, dem südpolaren Festlandsrande angelagerte Schwellen nach N. ab zu tiefen Becken und Mulden; da findet für einen N.—S. Vorwärtsschreitenden ein sanftes Ansteigen des Meeresbodens aus tiefen Becken zu breiten Schwellen und zum antarktischen Kontinental-

rande statt; da ist die Auffassung von einer allgemeinen Abnahme der Wassertiefe nach dem Polarkreise hin, die man noch vor zehn Jahren für das gesamte südliche Eismeer vertrat, auch heute noch berechtigt und allem Anscheine nach im Einklange mit den Tatsachen. Es sprechen dafür auch die Bodentemperaturen.

Was die antarktische Kontinentalstufe des sogenannten Schelf anbelangt, so faßt Prof. Schott alles Bekannte wie folgt zusammen: Von fünf rund um den Außenrand des vermuteten antarktischen Kontinentes gut verteilten Stellen ist das Vorhandensein eines Schelfes bekannt; an drei Stellen ist durch zahlreiche Lotungen seine Form schon näher festgestellt, nämlich bei dem Kaiser-Wilhelm II.-Lande, bei dem Viktorialande und an der Westküste des Grahamlandes bis hin zur Peterinsel. An der Ostseite des Grahamlandes sowie vor Coatsland ist die Kontinentalstufe auch nachgewiesen oder doch höchst wahrscheinlich. Vor der Küste von Kaiser-Wilhelm II.-Land beträgt die Breite des Schelfes etwa 100 bis 150 *km*; seine Tiefe liegt etwa zwischen 250 und 650 *m*, seine Oberfläche scheint ziemlich uneben zu sein, die geringsten Tiefen sind nicht gerade an den südlichsten Positionen gemessen. Das Gleiche gilt von dem Schelfe, der sich zwischen der Ostküste des Viktorialandes und dem Edward VII.-Land ausdehnt; auch hier bewegen sich die gewonnenen Tiefenzahlen bei unregelmäßiger Verteilung meist zwischen 300 und 650 *m*. Unmittelbar an der heutigen Eisbarriere sind von der „Discovery" eben diese zwischen 300 und 650 *m* liegenden Werte gemessen, desgleichen gelten sie noch für die 200 bis 300 *km* vom Lande abgelegenen Gebiete, so daß der Schelf hier etwas breiter sein dürfte, als vor Kaiser-Wilhelm II.-Land. Südöstlich von der Peterinsel haben die „Belgica"-Lotungen ein drittes, wiederum 100 bis 150 *km* breites Band der Kontinentalstufe enthüllt, ebenfalls mit Tiefen zwischen 350 und 650 *m*. Diese Tiefenwerte scheinen auch für die Ostküste von Grahamland zu gelten. Hiernach ist zum mindesten für den Enderby-, Viktoria- und Roßquadranten das Vorhandensein eines das Südpolarland umsäumenden Schelfes von überraschend gleichmäßiger Tiefe wahrscheinlich, und zwar ist charakteristisch, daß die Oberfläche des Schelfes nicht etwa 40 bis 100 *m* unter dem Meeresniveau liegt, wie z. B. die des Nordseeschelfes, sondern rund 300 bis 600 *m* unter dem Meeresspiegel liegt, wie z. B. der norwegische Schelf.

Die Oberflächentemperaturen im südlichen Indischen Ozeane 1901 bis 1903 sind von Dr. R. Lütgens untersucht worden.[1]) Seine Arbeit bezweckt, für den befahrenen Teil des südlichen Indischen Ozeanes, den Verlauf der Wassertemperaturen, des wichtigsten hydrographischen Elementes, für einen durch äußere Umstände gegebenen

[1]) Annalen d. Hydrographie 1905. p. 498.

Zeitraum von Vierteljahr zu Vierteljahr festzulegen und die daraus folgenden Ergebnisse zu deuten.

Wegen der Details und der ziffermäßigen Daten muß auf das Original verwiesen werden. Hier genügt es, die Schlußfolgerungen anzuführen, welche der Verf. selbst wie folgt formuliert:

1. In dem westlichen und mittlern Teile des südlichen Indischen Ozeanes ist im Gegensatze zum östlichen Teile die Oberflächentemperatur des Meerwassers größern Schwankungen unterworfen.

2. Im Jahre 1901 waren die Abweichungen vom Mittel gering. Ebenso in der ersten Hälfte 1902. Dann aber finden wir sich stetig verstärkende negative Abweichungen vom südlichen Winter 1902 bis zum Sommer 1903. Gegen Schluß des Jahres 1903 werden die Temperaturen wieder normal.

3. Die niedrigern Oberflächentemperaturen können durch das Herbeiführen kälterer Wassermassen durch die Westwinddrift verursacht sein und scheinen in kausalem Zusammenhange mit anormalen Temperaturverhältnissen der Antarktis zu stehen.

4. Die Annahme, daß in der Antarktis zur Zeit der internationalen Südpolarforschung im Jahre 1902/03 anormale Verhältnisse geherrscht haben, wird durch die Feststellung großer negativer Abweichungen in den befahrenen Breiten bekräftigt.

Die Ursachen der vertikalen Temperaturverteilung im Weltmeere. Dr. G. Wegemann führt aus[1]), daß als wichtigste derselben die horizontale wie vertikale Wasserbewegung angesehen werden müsse. Die Tatsache, daß die Temperatur der Bodenschicht eines mit den Eismeeren kommunizierenden Meeresteiles niedriger ist als die mittlere niedrigste Wintertemperatur an der Oberfläche, und selbst am Äquator nur wenig höher wie am Boden der Eismeere, werde sich schwerlich aus einer andern Ursache erklären lassen, als durch eine langsame, aber mächtige Wasserbewegung von den Polen zum Äquator, die aber nicht mit den horizontalen Tiefseeströmungen zu verwechseln sei, sondern als Diffusion des verschieden schweren polaren und äquatorialen Tiefenwassers angesehen werden könne. Die Strömungen seien im Gegensatze zu ersterer von viel geringerer Ausdehnung, aber von ungleich größerer Geschwindigkeit, dadurch würden sie ebenfalls zu einem Hauptfaktor bei der Veränderung der Temperaturanordnung in den Meeren.

Während man sich von der Wirksamkeit dieser Ursache eine leidliche Vorstellung machen könne, entziehe sich dagegen eine andere, nämlich die Wärmeleitung, meist der Schätzung. Die tägliche Erfahrung lehre, daß man Wasser durch Erhitzen von unten her schnell zum Sieden bringen könne, aber jeder kann sich überzeugen, daß dies nicht durch Wärmeleitung, sondern durch Zirku-

1) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 206.

lation des Wassers bewirkt wird, durch Aufsteigen der leichtern, warmen Bodenschicht. Wie schnell das Kochen vor sich gehen würde, wenn man von oben her erhitzt, davon kann man sich nur selten durch Versuche überzeugen, die zudem bei der geringen Wassermenge für das Weltmeer kaum etwas beweisen würden. Dem Physiker ist allerdings die Tatsache geläufig, daß Flüssigkeiten schlechte Wärmeleiter sind, doch pflegt eine durch Zahlen unterstützte Vorstellung von dem Grade dieser Langsamkeit nicht immer vorhanden zu sein. Deshalb ist vom Verf. in einer in den Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen[1]) erschienenen Abhandlung der Versuch unternommen worden, solche Zahlenwerte zu berechnen, um sich an der Hand derselben eine Vorstellung von der Bedeutung der Wärmeleitung bei der vertikalen Temperaturverteilung des Weltmeeres bilden zu können.

Seine Berechnungen auf Grund eines von Poisson bereits gelösten Wärmeproblems zeigen, daß die Mitwirkung der Wärmeleitung bei der vertikalen Temperaturverteilung im Weltmeere von so untergeordneter Bedeutung ist, daß sie vernachlässigt werden kann.

Ebenfalls verschwindend klein wird die Übertragung der Wärme von dem Meeresboden und den Küsten aus sein. Diese minimalen Beträge werden aber dadurch für die untersten, schwersten Schichten der Tiefsee von großer Bedeutung, daß sie Anlaß einer schwachen Konvektionsströmung derselben werden, indem die unterste Schicht durch diese Wärmezufuhr schließlich leichter wird wie die darüberliegende und aufsteigt, um dieser Platz zu machen. Sie erzeugt also in dem schweren Bodenwasser eine vertikale Bewegung, welche mit den zu Anfang genannten Diffusionsströmungen des Tiefenwassers letzteres hauptsächlich vor dem Stagnieren bewahrt.

Schwer berechenbar, aber viel stärker als diese letztgenannten Ursachen, wirken die vom Meerwasser absorbierten Wärmestrahlen der Sonne. Doch da dieselben schwerlich viel tiefer wie die Lichtstrahlen eindringen, so bleibe diese Wirkung ebenfalls auf die obersten 200 *m* beschränkt. Die noch tiefer dringenden Strahlen würden schon so geschwächt sein, daß sie durch die Kleinheit ihrer Beträge bedeutungslos werden. Durch die nächtliche und winterliche Ausstrahlung werde allerdings ein Teil der absorbierten Wärme wieder zurückgegeben, dessen Größe von der Wolkenbedeckung des Ortes abhängig sei. Ein nennenswerter Überschuß werde sich dabei erst im Laufe längerer Zeiträume ergeben. Aber trotzdem sei diese Wärmeabsorption indirekt eine der wichtigsten Wärmeverteilungsursachen für die Tiefen des Weltmeeres und zugleich die bedeutendste

[1]) Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, herausgegeben von der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel usw., Abteil. Kiel. Neue Folge, 8. p. 137 bis 143. Wegemann: Die vertikale Temperaturverteilung im Weltmeere durch Wärmeleitung.

für abgeschlossene Meeresbecken, indem sie in erster Linie die Konvektionsströmungen erzeuge. Diese, sowie der Wärmetransport durch die Meeresströmungen, würden durch die Schnelligkeit ihrer Wirkungsweise von entscheidender Bedeutung.

Das in den Nächten und im Winter durch Ausstrahlung abgekühlte, am Tage durch Verdunsten konzentriertere und daher schwerere Oberflächenwasser werde bald wieder in die Tiefe sinken, um leichterm — wärmerm oder weniger salzhaltigem — Platz zu machen. Die Folge werde sein, daß in abgeschlossenen Meeresbecken die Temperatur in dem untern, mit dem Weltmeere nicht in Verbindung stehenden Raume gleichförmig sein müsse, und zwar gleich der mittlern Wintertemperatur oder gleich dem in derselben Tiefe des Ozeanes angetroffenen Wärmegrade. Dies sei auch durch alle bisherigen Beobachtungen vollauf bestätigt, so daß man in der Konvektion vielleicht den wichtigsten temperaturverteilenden Faktor sehen müsse. Weshalb die Bodentemperatur der mit den Polarmeeren in Verbindung stehenden Meeresteile niedriger ist als die mittlere niedrigste Wintertemperatur an der Oberfläche, ist bereits angedeutet (Diffusion). An abflußlosen Salzseen ließen sich vielleicht auch genauere Beobachtungen über die Bedeutung der Konvektion anstellen und Näherungswerte über die Schnelligkeit derselben ableiten. Aus Beobachtungen in den Meeren selber werde man schwerlich sichere Daten erlangen, da sich hier die andern störenden Ursachen nie ganz eliminieren lassen. Für die oberste Schicht sei ferner noch ein sehr wirkungsvoller Faktor die Wellenbewegung der Oberfläche, die bei den großen Wellen des Weltmeeres bis in eine Tiefe von 100 *m* wirksam ist. Die Aufwühlung und Umrührung der Oberflächenschichten werde oft die Konvektion noch erheblich übertreffen in ihrer Bedeutung als temperaturverteilende Ursache.

Die Theorie gibt eine mathematische Formel, durch welche sich berechnen läßt, nach welcher Zeit in einer bestimmten Tiefe ein bestimmter Bruchteil der Oberflächentemperatur vorhanden ist. Auch dabei stellt sich heraus, welche geringe Bedeutung die Fortpflanzung der Wärme für die vertikale Temperaturverteilung der obersten Schicht besitzt. Es gibt wohl schwerlich einen Meeresteil, der auch nur einen halben Monat ohne jegliche Bewegung wäre. Zudem ist aber die auf die Oberfläche wirkende Temperatur keine konstante, sondern eine nahezu periodische Funktion der Zeit (Tages-, Jahres-), wenngleich ihre Oszillation selbst bei großer Amplitude nur bis in geringe Tiefe nachweisbar ist.

Nach der Theorie muß die Temperatur der Meeresoberfläche im stationären Zustande der der berührenden Luftschicht gleich sein. Dieser Zustand wird theoretisch zwar erst nach unendlich langer Zeit erreicht, tatsächlich ist er annähernd schon in 10 000 000 Jahren erreicht, vorausgesetzt, daß der Wärmeleitungskoeffizient sich nicht auch mit dem Drucke, also mit der Tiefe, erheblich ändert.

Umgekehrt darf man aber aus dem Vorhandensein dieses Umstandes keineswegs schließen, daß die Temperaturverteilung diesem Zustande nahegekommen ist, da derselbe ganz andern Ursachen seine Entstehung verdankt haben kann und auch sicher wird. Aus allem ergibt sich nur, daß die Wärmeleitung als Ursache bei der vertikalen Temperaturverteilung der Weltmeere im allgemeinen vernachlässigt werden kann; für abgeschlossene seichte Meeresgebiete, Seen und Flüsse mag sie schon eher von Bedeutung sein.

Die physikalischen Verhältnisse des Mittelmeeres, soweit sie sich auf Wind, Strom, Luft- und Wassertemperatur beziehen, sind nach den Beobachtungen deutscher Dampfer von der Deutschen Seewarte bearbeitet worden.[1]) Die Dampferwege, um die es sich hier handelt, sind: 1. Gibraltar—Genua—Neapel—Port Said; 2. Gibraltar—Neapel; 3. Gibraltar—Port Said; alle drei Wege werden in beiden Richtungen viel befahren. Zu bedauern ist, daß der vierte der wichtigsten Dampferwege des Mittelmeeres, der von Gibraltar über Malta nach Konstantinopel führt, nicht Berücksichtigung finden konnte, zumal damit der griechische Archipel ganz aus der Darstellung ausschied; aber es gehen erst seit etwa zwei Jahren auf der Deutschen Seewarte Beobachtungen, deren Zahl natürlich für klimatologische Zwecke noch nicht genügt, für diesen Reiseweg ein.

Auf das Detail dieser auf zahlreichen Tabellen und Karten beruhenden Arbeit kann nicht eingegangen werden. Es mögen nur die Schlußbemerkungen hier eine Stelle finden: Das Mittelmeer zeigt, soweit das deutsche auf den wichtigsten Dampferwegen gesammelte maritime Beobachtungsmaterial einen Schluß zuläßt, in seinen Winden, Stromversetzungen und Wärmeverhältnissen eine merkwürdige Mischung von Meer- und Landeinflüssen. Im Westwindgebiete gelegen, erfreut es sich auch im Winter eines viel größern Schutzes gegen schwere Stürme als die entsprechenden Breiten des Nordatlantischen Ozeanes; im Sommer wird es z. T. von beständigen Monsunwinden beherrscht, die im Osten ungewöhnlich regelmäßig sind. Die Stromversetzungen sind selten; nur vereinzelt erreichen sie Beträge, wie sie im offenen Ozeane häufig sind; Gegenden, wo auf sechs oder sieben Tage erst ein Tag mit einer merklichen Versetzung kommt, bilden die Mehrzahl, in den eingeschlossenen Teilen bringt erst jeder zehnte Tag eine nennenswerte Versetzung. Werden im Frühjahre die Wasser- und Landmassen in schnell steigendem Maße erwärmt, so treten im Sommer bald tropische Wärmeverhältnisse ein, die denen auf dem Lande ähnlich sind. Und im Herbste, wenn die Sonne ihre Kraft verliert,

---

[1]) Wind, Strom, Luft- und Wassertemperatur auf den wichtigsten Dampferwegen d. Mittelmeeres. Beilage zu den Ann. d. Hydrographie 1905.

ist in den eingeschlossenen Wassermassen, die nirgends hin abgeführt werden können, so viel Wärme aufgespeichert, daß der aufgespeicherte Vorrat noch weit in den Herbst hinein sich bemerkbar macht. — Um rein ozeanische Verhältnisse aufweisen zu können, dazu ist die Wassermasse des Mittelmeeres zu klein und zu eingeschlossen; für einen See aber ist sie auf der andern Seite zu groß. So bildet das Mittelmeer einen Übergang von einem See zu der See mit Anklängen an beide, ein Mittelmeer auch in diesem Sinne.

Die Bodenbewegungen in der Bai von Neapel bildeten den Gegenstand sehr gründlicher Forschungen und Studien von R. T. Günther,[1]) die derselbe im Auftrage der Oxforder Universität ausgeführt hat. Die wesentlichsten Ergebnisse derselben faßt Prof. Th. Fischer in einer Darstellung zusammen,[2]) der folgendes entnommen ist.

Die Untersuchungen erstreckten sich vorwiegend auf die Küsten des Golfes von Neapel bei Sorrent und von Neapel bis Kap Miseno, einschließlich Capri, greifen aber auch auf der einen Seite bis Pästum, auf der andern bis Rom aus. Derselbe führt auf Grund eines wahren Schatzes neu oder sorgsamer beobachteter Tatsachen den Beweis, daß an dieser ganzen Küste nur das Land, nicht der Meeresspiegel in geschichtlicher Zeit Schwankungen unterworfen gewesen ist, und zwar, daß, um das Hauptergebnis vorweg zu nehmen, sich diese Küste in vorrömischer Zeit gehoben hat, bis sie, wohl in der Zeit der Ansiedlung der Griechen, ihre höchste Lage, wohl mindestens einige 20 engl. F. (6.1 *m*), über dem heutigen Niveau erreichte. Auch in römischer Zeit war ihr Niveau noch höher wie heute, mindestens 17 F. (5.2 *m*), aber ein Sinken war schon eingetreten, das im Mittelalter immer wirkungsvoller wurde, so daß die Küste 18 bis 20 F. (5.5 bis 6.1 *m*) tiefer lag wie heute. Um Beginn des 16. Jahrhunderts, etwa 50 Jahre vor dem Ausbruche der Monte Nuovo von 1538, kaum merklich anhebend und langsam, nicht wie E. Sueß wenigstens für den großen phlegäischen Krater glaubte annehmen zu sollen, plötzlich und in wenigen Stunden um 18 bis 19 F. (5.5 bis 5.8 *m*), trat wieder eine Hebung ein, die aber nicht kräftig genug war, um die römische Vorküste ganz trocken zu legen, die in der neuesten Zeit wieder langsam unter die Wogen hinabsinkt. Noch 1820 habe man längs der Küste des Posilipp von der Villa Grotta Marina bis zum Palazzo Donn' Anna trocknen Fußes gehen können, was heute nicht mehr möglich ist. Bezüglich der Küste bis nach Pozzuoli stellte Oberst Macintosh das Gleiche fest. Noch 1847 bewohnten die Mönche in der wärmern Jahreszeit das Ospizio dei Cappuccini bei Pozzuoli, obwohl in demselben schon damals das Wasser so hoch stand, daß es den Boden des Erdgeschosses bedeckte, Refektorium,

---

[1]) Geogr. Journal **22**. Nr. 2. 3.
[2]) Petermanns Mitt. 1905. Literaturbericht. Nr. 593.

Küche usw. hatte aufgegeben werden müssen, und nur das Oberstock bewohnbar war. Ein Weingarten an der Seeseite des Klosters, in welchem ein alter Mönch noch die Stelle zeigte, von deren Reben er Trauben gegessen hatte, war 3 F. (0.9 *m*) unter Wasser. Boote fuhren über denselben hin, und man erkannte noch die Reste der Umfassungsmauer unter dem Wasser. Was heute noch von dem Kloster übrig ist, steht buchstäblich im Wasser, und ein hölzerner Steg ist an Stelle des gepflasterten, heute mehr wie ein Fuß unter Wasser liegenden ehemaligen Zuganges getreten.

Die Küstenbildungen des Bottnischen Meerbusens zwischen Tornio und Kokkula behandelte J. Leiviskä.[1]) Die Höhenverhältnisse und Formen des Felsengrundes bestimmen den Verlauf und die Gliederung der Küste, außer in den mittlern Partien des Gebietes, wo der Berggrund ebener und im Vergleiche mit den Umgebungen niedriger ist, so daß die losen Bodenarten bei höherm Stande des Meeres auf dem Grunde starke Schichten bilden können. Dort ist die Küste fast typische Schwemmlandküste, welcher die Brandung und vor allem die Flüsse ihr Gepräge verleihen. Wegen der Senkung des Meeresspiegels sind jedoch auch die größern Inseln und Landzungen dieser Gegend nicht als von losen Bodenarten gebildete Deltas oder eiszeitliche Ablagerungen aufzufassen, sondern eher direkt nur als niedrige Wölbungen des Berggrundes, welche die Sedimente, welche auch auf dem Meeresboden vorhandenen Unebenheiten folgen, nur in sanftere Formen gekleidet haben. Die topographische Form einer Küstenpartie, Wiese, Geröll usw., ist vorzugsweise von der Bodenart des ansteigenden Bodens wie auch von der Lage des Ortes abhängig. Der gegenwärtige Meeresboden, welcher sich seinerseits aus dem Wasser erhebt und Inseln und Küste bildet — wenn die jetzigen Verhältnisse fortdauern — bietet submarin bereits die gleichen Formen dar. So erscheinen die an der Oberfläche aufsteigenden Geröllriffe oft als fertige Wälle, und die tiefer liegenden Untiefen sind nach den Berichten der Fischer hinsichtlich ihrer Bodenformen bald rissiger Fels, so daß die Anker der Boote auf dem Grunde haften bleiben, bald Sand oder Geröll von verschiedener Beschaffenheit, bald Ton. Indem sich die verschiedenartigen felsigen, geröllbedeckten oder sandigen usw. Böden über den Wasserspiegel erheben, beginnen die litoralen Kräfte dieselben zu bearbeiten, wobei für die Veränderungen die Nähe von Flüssen und die mehr oder weniger geschützte Lage eines jeden Ortes von großer Bedeutung ist. Weiter von Fluß- und Bachmündungen entfernt übt besonders die Brandung ihren Einfluß aus, indem sie Felsen und Geröllspitzen und Flugsandufer, sowie an den Ufern von geschützten Buchten flache Schwemmlandufer bildet.

---

[1]) Dissertation, Helsingfors 1905. Auszug im Globus **88**. p. 260.

In der Nähe von Flußmündungen sinken die von den Flüssen mitgebrachten Sedimente an den Ufern der an den Meeresspiegel aufsteigenden Schären nieder oder bedecken die Schären und den Boden vollständig, indem sie so verschiedenartige Deltas bilden. Die an der gegenwärtigen Küste auftretenden Oberflächenformen und Zeichen des Einflusses seitens des Meeres setzen sich, soweit es der allgemeine Charakter der Gegend jeweils gestattet, ununterbrochen so weit landeinwärts fort, als Verfasser Gelegenheit hatte, die Verhältnisse zu untersuchen. Was an der gegenwärtigen Küste und ihrem Hinterlande Bildung des heutigen sinkenden Meeres ist, was anderseits in frühern Zeiten an den Küsten früherer Meere oder unter dem Einflusse der verschiedenartigen Kräfte des Festlandes entstanden ist, läßt sich schwer definitiv entscheiden.

Ein allgemeines hydrologisches Bild des Europäischen Eismeeres entwirft auf Grund des gesamten bisherigen Forschungsmateriales N. Knipowitsch.[1]) Hiernach hat man folgendes anzunehmen:

„Längs des Randes der Kontinentalstufe Norwegens bewegt sich nach Norden der Golfstrom als eine mächtige Schicht warmen und salzreichen Wassers oberhalb der kalten und relativ salzarmen Bodenschichten. An der Nordspitze Europas eröffnen sich zwei Wege für die weitere Bewegung des Golfstromwassers: einerseits weiter nach Norden den Rand der Kontinentalstufe entlang westlich von dem unterseeischen Plateau der Bäreninsel und dem Küstengebiete von Spitzbergen, anderseits nach Osten zwischen dem Plateau der Bäreninsel und den Küsten von Finnmarken ins Barentsmeer. Dadurch findet die erste Spaltung des europäischen Golfstromes statt. Ein großer Teil des Golfstromwassers wird durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt und tritt als mächtige Nordkapströmung (Nordkapstrom) zwischen der Nordspitze Europas und dem Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel in das Barentsmeer hinein. Da dieses Meer im ganzen relativ seicht ist, und sogar die Tiefen von über 300 *m* nur einen geringen Teil des gesamten Areals einnehmen, so ergießt sich nur der kleinere Teil des Golfstromwassers hinein, während der nach neuern Untersuchungen bedeutend größere Teil desselben seinen Weg nach Norden fortsetzt, als eine mächtige warme Strömung, welche wir als Spitzbergengolfstrom bezeichnen können.

Dieser nördliche Hauptzweig des europäischen Golfstromes fließt nun den Rand der Flachsee des Barentsmeeres entlang, westlich von den Bänken der Bäreninsel. Nördlich vom Plateau der Bäreninsel gibt er entsprechend dem Bodenrelief einen kleinern Zweig nach Nordosten ab, welchen wir als Südspitzbergengolfstrom bezeichnen können. Dieser relativ schwache Zweig scheint sich bald wieder zu teilen, wobei der eine Teil des Golfstromwassers weit in den Storfjord eindringt, während der andere, und zwar der größte, sich wahrscheinlich südlich von Stans Foreland nach Osten fortsetzt.

An den Westküsten von Spitzbergen fließt der Golfstrom (Westspitzbergengolfstrom), wie erwähnt, längs des Randes der Kontinentalstufe, von der Küste durch das verhältnismäßig salzarme und kalte Wasser des Küstengebietes abgetrennt, als eine sehr dicke Schicht warmen Wassers, dessen Temperatur in der Richtung nach Norden, mit Ausnahme der obern Schichten, sehr langsam abnimmt. Sowohl an der Westküste von Spitzbergen wie nördlich davon liegt die untere Grenze des Wassers mit der Temperatur über 0° in der Tiefe von über 700 *m*.

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 289.

Die Kontinentalstufe wird an der Nordwestspitze von Westspitzbergen beträchtlich enger, und der Golfstrom ist hier sehr wenig von der Küste entfernt. Hier trifft der Golfstrom eine bedeutende Bodenerhebung, die nach der Vermutung von Prof. Nansen sich fortsetzt und den Nordatlantischen Ozean von dem Nordpolarbassin trennt, gibt nach Nansen einen Zweig nach Westen ab (was indessen von Prof. O. Pettersson entschieden in Abrede gestellt wird) und ergießt sich dann in das Polarbassin. Durch die Erdrotation wieder nach Osten abgelenkt, folgt er dem Rande der geringen Tiefen nördlich von Spitzbergen in der Richtung nach Nordost. Je nach den Jahreszeiten und Jahren wird der westspitzbergische Zweig des Golfstromes früher oder später mit kalten salzarmen Schichten des Polarwassers und Küstenwassers bedeckt und erscheint dann als eine Unterströmung, welche die warmen und salzreichen tiefern Schichten des Polarbassins bildet. In der Mitte des Juni 1899 finden wir diese Deckschichten sogar in bedeutenderer Entfernung südlich von der Bäreninsel, während im Anfange August desselben Jahres diese Schichten erst nördlich von Spitzbergen beobachtet wurden (sowie in größerer Entfernung von der Nordwestspitze Spitzbergens nach Westen hin). Wie die Zweige von warmen Strömungen überhaupt übt auch der Spitzbergengolfstrom einen außerordentlich großen Einfluß auf die Verteilung des Polareises aus und verursacht die Bildung der seit Jahrhunderten bekannten „Whaler Bay“, einer großen Einbuchtung in dem Eise längs der Westküsten Spitzbergens.

Die Fortsetzung des Golfstromes nördlich von Spitzbergen in der Richtung nach Nordosten können wir auf Grund der Beobachtungen von Makarow unmittelbar bis etwa 20° östl. L. verfolgen. Was den weitern Verlauf dieser Strömung im Polarbassin anbetrifft, so können wir annehmen, daß dieselbe unter einer dicken Schicht von Polarwasser sich nach Osten nördlich vom Franz Josephsland fortsetzt. Zwischen dieser Inselgruppe und Nowaja Semlja schneidet das Nordpolarbassin von Osten und Nordosten weit in das Barentsmeer ein als eine tiefe Einbuchtung, welche in der Verteilung von verschiedenen Schichten dieselben Verhältnisse zeigt wie das Nordpolarbassin. Es scheint mir sehr wahrscheinlich zu sein, daß solche Fortsetzung des Polarbassins in das Barentsmeer auch zwischen Nordostland und Franz Josephsland existiert.

Der östliche Hauptzweig des europäischen Golfstromes, der Nordkapstrom, tritt in die tiefe Rinne zwischen dem Plateau der Bäreninsel und der Nordspitze Europas ein. Im Norden wird derselbe von kaltem, relativ salzarmem Polarwasser des Bäreninselgebietes, im Süden von verhältnismäßig warmem (im Sommer) und ebenfalls relativ salzarmem Küstenwasser begrenzt. Die genannte tiefe Rinne, in welcher Prof. Nansen das Bett von frühern mächtigen Gletschern erblickt, verflacht sich weiter nach Osten sehr bedeutend und teilt sich allmählich in einige kleinere.

Das Bodenrelief verursacht eine Spaltung des Nordkapstromes in vier Zweige mit einigen Nebenzweigen, deren Lage im großen und ganzen konstant zu sein scheint. Es ist selbstverständlich damit nicht gesagt, daß diese Zweige überhaupt keinen Veränderungen unterliegen können: in verschiedenen Jahren kann die Quantität des ins Barentsmeer sich ergießenden Golfstromwassers verschieden sein, damit kann auch die Mächtigkeit jedes einzelnen Zweiges gewissen Schwankungen unterworfen sein; der Zweig wird breiter oder enger; auch innerhalb eines Zweiges beobachtet man gewisse Veränderungen in der Verteilung von salzreichern und salzärmern Teilen desselben; außerdem verschiebt sich die Südgrenze der Nordkapströmung je nach den größern oder kleinern Massen des Küstenwassers nordwärts oder südwärts usw. Aber soweit unsere Erfahrungen reichen, wird jeder Zweig als Regel immer ungefähr in derselben Lage gefunden, immer wird sein Maximum, seine Achse, als Regel ungefähr in derselben Breite und Länge wahrgenommen.

Die erste Teilung des Nordkapstromes findet sehr bald statt. Eine bedeutende Erhebung des Meeresbodens ungefähr unter 72° nördl. Br. (und etwas nördlicher) zwischen 25 und 29° östl. L. teilt das Bett des Nordkap-

stromes in zwei Teile: einen tiefern und breitern nördlichen und einen flachern und engern südlichen. In den erstern tritt die Hauptmasse des Golfstromwassers hinein, hier finden wir auch viel salzreicheres Wasser. Der südliche Teil des Bettes der Nordkapströmung enthält Wasser von niedrigerm Salzgehalte und höherer Temperatur während des warmen Teiles des Jahres; dies ist offenbar ein Resultat des Einflusses des Küstenwassers, und zwar nicht nur an der Nordküste Europas, sondern auch an den Westküsten. Durch die soeben erwähnte Teilung des Bettes des Nordkapstromes wird die erste Spaltung desselben hervorgerufen. Wir können uns überzeugen, daß schon unter 27° 15′ östl. L. das Golfstromwasser in zwei salzreiche Massen geteilt ist, zwischen welchen wir geringere Salzgehalte, sowie (in tiefern Schichten) etwas niedrigere Temperaturen beobachten. Auf diese Weise entsteht der südliche Zweig des Nordkapstromes, welcher nördlich von Finnmarken und von dem westlichen Teile der Murmanküste ungefähr unter $71^1/_2$° nördl. Br. liegt; die südliche Grenze dieses Zweiges liegt nördlich von Varangerfjord ungefähr unter 71° 15′ nördl. Br. und auf dem Meridiane des Kolafjords ungefähr unter 71° nördl. Br.

Dieser südliche Zweig des Nordkapstromes, welchen Verf. als Murmanströmung bezeichnet, fließt dann in der Richtung ungefähr nach Südosten fast parallel der Murmanküste längs des Randes der Kontinentalstufe derselben ungefähr in 85 bis 90 Seemeilen von der Küste, während dessen Randgebiet sich bedeutend mehr nach Süden erstreckt. Die Breite der Murmanströmung zwischen $33^1/_2$ und $38^1/_2$° östl. L. mit weniger ausgeprägten Randgebieten derselben beträgt etwa 70 bis 75 Meilen, während die Breite der eigentlichen schärfer ausgeprägten Strömung 30 bis 35 Meilen ist. Unter 38° östl. L. liegt die Südgrenze etwas südlich von 70° nördl. Br.

Zwischen 38 und 39° östl. L. stößt die Murmanströmung auf den Rand des flachen Plateaus, welches den südöstlichen Teil des Europäischen Eismeeres (fast die ganze östliche Hälfte des Murmanmeeres) einnimmt und nördlich von dem Eingange in das Weiße Meer, der Halbinsel Kanin und so weiter bis zur Kontinentalstufe der westlichen Küste von Nowaja Semlja sich erstreckt. Hier am Westrande des Plateaus spaltet sich die Murmanströmung wiederum in zwei Teile: die Hauptmasse des Wassers fließt dem Nordrande des erwähnten Plateaus entlang, zunächst in der Richtung ungefähr nach Nordosten, während der schwächere Zweig eine direkte Fortsetzung der Murmanströmung in der Richtung nach Südosten und dann nach Osten bildet. Dies ist ohne Zweifel die sogenannte Kaninströmung verschiedener russischer Forscher, deren Verlauf bis jetzt sehr wenig bekannt war, und deren richtige Deutung fehlte.

Wie erwähnt, hat die Kaninströmung anfangs die Richtung nach Südosten, dann biegt sie mehr nach Osten um; unter 42° östl. L. liegt diese Strömung zwischen $69^1/_2$ und 70° nördl. Br., weiter nach Osten bis etwa 46° östl. L. ungefähr zwischen 69° 25′ bis 69° 30′ und 69° 50′ nördl. Br. Der Anfangsteil der Strömung zeigt ziemlich hohen Salzgehalt in tiefern Schichten, weiter nach Osten auf dem Plateau nimmt der Salzgehalt sehr stark ab. Ungefähr bis 43 bis 44° östl. L. reicht das warme Wasser der Strömung bis zum Boden, weiter nach Osten finden wir unter der Kaninströmung kalte Bodenschichten.

Nach dem Abspalten des ersten oder westlichen Nebenzweiges (d. h. der Kaninströmung) von der Murmanströmung beobachten wir auf einer Strecke, daß kalte Wasserschichten unter die warme Strömung nach der Ecke zwischen Murman- und Kaninströmung eindringen. Weiter nach Osten reicht das warme Wasser wieder bis zum Boden.

Ungefähr unter 43 bis 44° östl. L. und $71^1/_3$° nördl. Br. findet eine neue Teilung der Murmanströmung statt. Sie gibt nach Ostsüdosten in eine tiefe Rinne einen neuen Nebenzweig ab, welchen Verfasser als Kolgujew-Nowaja-Semljaströmung bezeichnet. Der Zweig ist anfangs sehr gut ausgeprägt, weiter nach Ostsüdosten wird derselbe weniger deutlich, und zwischen 50 und 54° östl. L. finden wir nur Spuren derselben.

Nach der Bildung des zweiten östlichen Nebenzweiges fließt die Murmanströmung immer den Rand des Plateaus entlang in der Richtung nach Nordosten, bis sie ungefähr unter 72° nördl. Br. und 48 bis 48$^1/_2$° östl. Länge auf den Rand der Kontinentalstufe Nowaja Semljas stößt und nach Norden umbiegt. Zwischen 73 und 74° nördl. Br., in andern Jahren schon zwischen 72 und 73° nördl. Br., wird die Fortsetzung der Murmanströmung, welche wir hier als warme Nowaja-Semljaströmung bezeichnen können, von kalten, salzarmen Wasserschichten bedeckt und sinkt zu Boden, indem ihre Temperatur stark abnimmt. Das eben Gesagte bezieht sich auf die Sommermonate; im Winter, und zwar am Ende desselben, wird die Strömung ohne Zweifel viel früher von kalten Schichten bedeckt.

Der größere nördliche Teil des Nordkapstromes spaltet sich bald in drei Zweige, was ebenfalls durch das Bodenrelief hervorgerufen wird: das Bett der Strömung wird durch zwei bedeutende Erhebungen des Meeresbodens eingeteilt.

Der nördlichste Zweig hat eine Richtung nach Nordosten und nimmt eine tiefe Rinne längs des südöstlichen Randes des Plateaus der Bäreninsel ein. Auf dem Meridiane des Kolafjords finden wir diesen Zweig nördlich von 75° nördl. Br., und zwar ungefähr von 75° 10′ nördl. Br. an; nach Norden wurde derselbe hier bis 75° 55′ nördl. Br. verfolgt, ohne die Nordgrenze zu erreichen. Das relativ warme salzreiche Wasser des nördlichsten Zweiges wird bald von kalten und salzarmen Schichten bedeckt, und schon auf dem Meridiane des Kolafjords erscheint dieser Zweig (nach den Beobachtungen im Ende Juli 1901 und in der Mitte August 1902) als warme Unterströmung. Selbstverständlich muß die Grenze, an der das warme Wasser des Zweiges die Oberfläche verläßt und von kalten Schichten bedeckt wird, sich je nach den Jahreszeiten bald mehr nach Nordosten und Norden, bald in entgegengesetzter Richtung verschieben. Wahrscheinlich spielen hier auch Unterschiede verschiedener Jahre eine gewisse Rolle. Wir können annehmen, daß die Grenze am weitesten nach Norden und Nordosten spät im Herbste zurücktritt. Direkte Beobachtungen fehlen.

Was den weitern Verlauf des nördlichsten Zweiges anbetrifft, nachdem derselbe sich in eine Unterströmung verwandelt hat, so besitzen wir leider keine kontinuierliche Reihe von Beobachtungen. Ein eingehendes Studium des Bodenreliefs, sowie vereinzelte Beobachtungsserien gestatten uns indessen, eine klare Vorstellung darüber zu bilden.

Durch Betrachtung der bathymetrischen Karten von Prof. Nansen können wir uns überzeugen, daß den südöstlichen Rand des Plateaus entlang, auf welchem die Bäreninsel und die Hoffnungsinsel (Hope Island) sich erheben, beträchtliche Tiefen von über 350 *m* weit nach Norden sich erstrecken. Ungefähr unter 30 bis 32° östl. L. und 75$^1/_2$ bis 76° nördl. Br. finden wir sogar Tiefen von über 400 *m* (403, 410, 411 und 418 *m*). Ungefähr unter 76° nördl. Br. und etwas nördlich davon teilt sich die tiefe Rinne in zwei beträchtlich seichtere. Eine davon erstreckt sich in der Richtung nach Nordwesten und begrenzt das Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel von Nordosten; ungefähr unter 77° nördl. Br. und 29° östl. L. finden wir hier noch die Tiefen von 292 und 303 *m*. Eine andere Rinne mit Tiefen von über 250 *m* erstreckt sich nach Ostsüdosten und mündet in den tiefen östlichen Teil des Barentsmeeres. Es ist klar, daß der nördlichste Zweig des Nordkapstromes sich in zwei neue Zweige teilen muß, von denen der eine den Nordostrand des erwähnten Plateaus (als Unterstrom) bespült, der andere einen großen Teil des Wassers (ebenfalls als Unterstrom) nach dem östlichen Teile des Barentsmeeres führt. Über den erstern besitzen wir keine direkten Beobachtungen, es ist sehr wahrscheinlich, daß sein Wasser weiter nach Nordwesten sich mit dem Wasser des südspitzbergischen Golfstromes vermischt, und daß dadurch das Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel von allen Seiten mit Zweigen des Golfstromes umgeben wird.

Was die Fortsetzung des nördlichsten Zweiges des Nordkapstromes nach Ostsüdosten anbetrifft, so können wir nach dem Bodenrelief des Barentsmeeers erwarten, daß weiter nach Osten eine neue Spaltung stattfinden muß. Von dem tiefsten Teile des östlichen Barentsmeeres erstreckt sich nach Norden ungefähr unter 44 bis 45° östl. L. eine Fortsetzung mit Tiefen von über 250 *m* Anderseits zieht sich nach Nordosten von hier ein anderes Gebiet mit Tiefen, von über 250 *m*; etwas nördlich von 77° nördl. Br. unter 49° 30′ östl. L. finden wir auf den Karten von Nansen sogar 311 *m*. Wir können daher schon a priori vermuten, daß die östliche Fortsetzung des nördlichen Zweiges des Nordkapstromes anfangs eine Richtung nach Ostsüdosten hat, dann aber ungefähr unter 76° nördl. Br. und 44 bis 45° östl. L. in zwei neue Zweige zerfällt, von welchen der eine nach Norden, der andere nach Nordosten sich erstreckt. Dies findet in den Beobachtungen Bestätigung.

Wenden wir uns zu den mittlern Zweigen des Nordkapstromes. Eine bedeutende Erhebung des Meeresbodens, welche mit kaltem und relativ salzarmem Mischwasser bedeckt ist und auf dem Meridiane des Kolafjords unter 75° 2′ nördl. Br. die geringe Tiefe von 147 *m* zeigt, trennt von dem nördlichsten (vierten, von Süden gerechnet) Zweige den folgenden mächtigen dritten Zweig ab, der auf dem Meridiane des Kolafjords ungefähr zwischen 73° 15′ und 74° 20′ nördl. Br. liegt. Südwärts davon finden wir wieder eine große Bodenerhebung. Dieser Zweig wird bald, ungefähr unter 35 bis 36° östl. L. von kalten, salzarmen Schichten bedeckt und erscheint weiter in Form von Zwischen- und Bodenschichten; wahrscheinlich unterliegt auch hier die Grenze gewissen Schwankungen. Nach dem Verschwinden von der Oberfläche scheint der dritte Zweig sich in zwei Teile zu spalten: einerseits finden wir eine Fortsetzung desselben in der Richtung nach Nordosten, als eine Zwischenschicht mit der Temperatur über 0° und dem Salzgehalte von 34.9 ‰ und mehr, welche ohne Zweifel sich in die Fortsetzung des nördlichen Zweiges ergießt; anderseits muß der größere Teil des Wassers durch eine Rinne mit der Tiefe von über 300 *m* nach Osten und Ostsüdosten in den tiefen östlichen Teil des Barentsmeeres münden, wo das abgekühlte und zum Teile mit Polarwasser und Schmelzwasser vermischte Golfstromwasser, wie wir sahen, mächtige Bodenschichten bildet.

Der weiter nach Süden liegende zweite Zweig des Nordkapstromes ist viel schwächer; von dem dritten Zweige ist er durch Wasser mit bedeutend niedrigerer Temperatur und geringerm Salzgehalte getrennt; indessen ist die Trennung der mittlern Zweige voneinander, sowie von dem südlichen Zweige viel weniger ausgeprägt als zwischen den beiden nördlichen: die drei südlichen Zweige erscheinen mehr als drei Maxima des Nordkapstromes.

Während wir im Küstengebiete des Plateaus des südöstlichen Teiles des Europäischen Eismeeres im Sommer meist Bodentemperaturen bedeutend über 0° finden, erstreckt sich weiter nach Norden ein kaltes Gebiet der Flachsee, wo wir auch im Sommer relativ niedrige Temperaturen in Bodenschichten beobachten, welche von den obern Schichten scharf abgetrennt sind. Das kalte Gebiet der Flachsee erstreckt sich nach Norden bis zum Rande des Plateaus. Zwischen der Murmanströmung und der kalten salzreichen Bodenströmung an den Küsten von Nowaja Semlja setzt dasselbe sich noch weiter nach Norden fort und erscheint, wie wir sahen, zwischen diesen Strömungen als ein selbständiges Gebiet, dessen Salzgehalt niedriger als in beiden benachbarten Strömungen ist. Wir können daher in diesem Teile des Europäischen Eismeeres zwei Gebiete unterscheiden: ein warmes Gebiet (oder Küstengebiet) und ein kaltes Gebiet der Flachsee.

Längs der Süd-, West- und Nordwestküste von Nowaja Semlja beobachten wir auf der Kontinentalstufe, meist in einer Rinne, eine sehr eigentümliche kalte Bodenströmung. Die Temperatur ist hier sehr niedrig (am Boden bis — 1.7, — 1.8 oder sogar — 1.9°), der Salzgehalt sehr hoch, da er am Boden meist größer als 35 ‰ ist. Das Wasser mit dem höchsten Salzgehalte bildet

eine verhältnismäßig dünne Bodenschicht. Nach oben nimmt der Salzgehalt stark ab; die salzreiche Bodenströmung wird im Sommer immer von um vieles salzärmern Schichten bedeckt. Die leider zu spärlichen direkten Bestimmungen der Strömungen scheinen zu beweisen, daß in den Bodenschichten eine Bewegung nach Süden (und Südosten) stattfindet, während man in obern Schichten jedenfalls eine veränderliche Bewegungsrichtung feststellen kann, jedoch mit Vorherrschen der Bewegung nach Norden. Die Bodenströmung hat eine Breite von etwa 45 Seemeilen im Norden, bis ungefähr 25 Seemeilen vor dem Eingange in Kostin Schar; weiter nach Osten scheint die Strömung noch enger zu werden. Für die kalte Strömung an den Küsten von Nowaja Semlja hat Prof. Nansen den Namen Lütkeströmung vorgeschlagen; wenn nun weitere Untersuchungen endgültig beweisen werden, daß die Strömung der obern salzarmen Schichten von der salzreichen Bodenströmung unabhängig ist, so müssen wir als Lütkeströmung die erstere bezeichnen, da von diesem Forscher nur die Strömung der obern Schichten aus dem Karischen Meere in der Richtung nach Westen entdeckt worden ist. Was die Herkunft der kalten Bodenströmung anbetrifft, so ist es zurzeit kaum möglich, etwas Sicheres zu sagen.

Wir müssen jetzt das kalte nördliche Gebiet näher ins Auge fassen, welches nördlich von dem Nordkapstrome liegt und zum Teile von Zweigen desselben erfüllt ist. Die kalte von Nord und Nordost vordringende Strömung an den Süd- und Ostküsten von Spitzbergen, sowie auf dem Plateau der Bäreninsel und der Hoffnungsinsel sind lange bekannt. Diese Strömung, welche sehr große Geschwindigkeit zeigen kann, bedeckt bald mehr, bald minder auch die Zweige des Spitzbergengolfstromes. Weiter nach Osten bedeckt dieselbe Strömung die Zweige des Nordkapstromes und dringt weit nach Süden vor, wo dieselbe den südlichen Zweig des Nordkapstromes südwärts ablenkt und sich zum Teile auch unter denselben, sowie südwärts davon einschiebt. Große Massen des Golfstromwassers ergießen sich hier von Westen und Süden in das kalte nördliche Gebiet, während von Norden Massen des Polarwassers in die obern Schichten vordringen. Es findet hier eine starke Vermischung von Golfstromwasser und Polarwasser statt, und das vermischte Wasser findet einen Abfluß nach Norden und Nordosten. Im Norden und Nordosten sind die obern kalten Schichten, welche wir als direkte Fortsetzung der obern Schichten des Polarbeckens betrachten können, stärker ausgeprägt, aber in mittlern und tiefern Schichten haben wir es auch hier mit direkten Fortsetzungen des Golfstromes und mit Mischwasser zu tun. Der größte Teil des Barentsmeeres fällt in ein Gebiet, welches weder ausschließlich dem Golfstrome, noch der Polarströmung angehört.

Was die hydrologischen Verhältnisse des Weißen Meeres anbelangt, so bemerkt Verf., daß der Salzgehalt hier überhaupt gering ist. Fast während einer Hälfte des Jahres ist das Meer mit großen Massen von Treibeis, zum Teile auch mit unbeweglichem Küsteneise bedeckt. Zu dieser Zeit scheinen die Temperaturverhältnisse sehr gleichförmig zu sein: soweit wir aus spärlichen direkten Beobachtungen, sowie aus allgemeinen theoretischen Betrachtungen schließen können, nimmt dann fast die ganze Masse des Wassers die Temperatur von etwa — 1.4 bis — 1.6° an. Im Sommer findet eine sehr starke Erwärmung statt, besonders im Golfe von Onega und an den Küsten. In tiefern mittlern Teilen des Meeres bleibt die Masse des Wassers auch im Sommer sehr kalt, und bedeutende Erhöhung der Temperatur wird nur in dünnen obern Schichten beobachtet. Im Golfe von Onega und an den Küsten werden dagegen alle Schichten stark erwärmt. Das Weiße Meer zerfällt daher in ein warmes und ein kaltes Gebiet, welche entsprechend den wesentlich verschiedenen physikalisch-geographischen Verhältnissen auch verschiedene Faunen enthalten.

Knipowitsch kommt zu dem Schlusse, daß das allgemeine hydrologische Bild seines Untersuchungsgebietes jahraus, jahrein im großen ganzen unverändert bleibt. Da die Verteilung der Strömungen und der verschiedenen

hydrologischen Gebiete in erster Linie von dem Bodenrelief abhängig ist, so müssen wir annehmen, daß wesentliche Veränderungen der allgemeinen hydrologischen Verhältnisse nur durch große geologische Veränderungen hervorgerufen werden.

Die Strömungen an den südlichen und südöstlichen Küsten von Neufundland sind seit 1890 durch das Marinedepartement in Ottawa auf eigens dazu unternommenen Fahrten untersucht worden. Über die im Sommer 1903 bei Süd- und Südostneufundland ausgeführte Arbeit referiert auf Grund des kanadischen amtlichen Berichtes Dr. L. Mecking.[1]) Zweck der Untersuchung war die Ermittlung der Strömungen, welche ein Schiff zu erwarten hat, wenn es in passender Entfernung an der Küste vorbeifährt; darum wurde nur beobachtet außerhalb vier bis fünf Meilen Küstenabstand, aber auch bis höchstens 30 Meilen Abstand, also jedenfalls im Bereiche der Küstenströmungen (nicht etwa der eigentlichen großen Meeresströmungen).

Die Geschwindigkeit wurde in allen Fällen für die Tiefe von 6 *m* (18 Fuß engl.) ermittelt, die Richtung aber an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen.

An der Südküste folgen von Kap Race ab nach Westen drei Buchten aufeinander, die in derselben Reihenfolge an Größe zunehmen; es sind die Trepasseybai, die St. Marysbai und die Placentiabai. Die Aufgabe, welche hier zu lösen war, bestand nun darin, zu ermitteln, wie sich die Küstenströmungen vor und in diesen kleinen und großen Buchten verhalten.

Zu dem Zwecke wurde zunächst an vier draußen liegenden Stationen, welche in einer Linie parallel mit dem Gesamtküstenverlaufe lagen, je ein bis zwei Tage lang die Strömung beobachtet. Daraus ergab sich, daß der Strom mit Flut und Ebbe beziehentlich nach NW. und SO. setzt, daß aber die erstere Bewegung ein wenig überwiegt; der Gezeitenstrom ist also verbunden mit einer geringfügigen herrschenden Strömung nach NW.

In der Placentiabai wurden zwar als oberstes, die Strömung beherrschendes Prinzip die Gezeiten festgestellt, wie die dem Berichte beigegebenen Tafeln veranschaulichen; aber ebenso deutlich zeigt sich in diesen Tafeln, daß an jeder Station eine der beiden Gezeitenströmungen bevorzugt ist, und zwar jeweils diejenige, welche in einen dem Uhrzeigersinne entgegengesetzten Stromkreislauf paßt, das ist an der Ostseite der Bai der Flutstrom, in der Mitte und an der Westseite der Ebbestrom. Es tritt also zum Gezeitenelemente wiederum eine konstante Tendenz, und zwar zur Umkreisung der Bucht von rechts nach links.

Diese Verhältnisse walten ungestörter in der Tiefe als in den Oberflächenschichten, ausgesprochener in Küstennähe als in größerm

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 145.

Abstande, ausgeprägter endlich auch bei Windstille, als wenn störende Winde eingreifen.

Die Strömungen sind durchweg von geringer Stärke, überschreiten nie die Geschwindigkeit von einem Knoten.

In der St. Marysbai zieht die von O. kommende Strömung im ganzen einfach vor der Mündung der Bai vorüber nach NW. Diese herrschende Strömung wird nun wieder stark beeinflußt durch die Gezeiten, welche bzw. nach NW. und SO. gerichtet sind. Im ganzen wird sonach der Ebbestrom von dem nach NW. gerichteten Flutstrome übertroffen an Geschwindigkeit, Tiefe und Dauer. Auch hier ist das Gezeitenelement wieder in der Nähe der Küste ausgeprägter.

Vor der Trepasseybai wurde, wie weiter westlich, der Gezeiteneinfluß herrschend gefunden. Aber von beiden Gezeitenströmen war wieder die Flutbewegung anhaltender (um 25%), was eine allgemeine Tendenz zur Westversetzung anzeigt und übereinstimmt mit den Erfahrungen vor den westlichern Buchten.

An der Südostseite Neufundlands setzt zwischen Kap Spear und Kap Race ein Küstenstrom konstant nach SW. und nimmt die etwa 30 Seemeilen breite Rinne zwischen der Küste und dem westlichen Rande der großen Bank ein.

Diesem konstanten Strömungselemente mischt sich ebenso wie an der Südküste das Gezeitenelemente bei, und das kommt zum Ausdrucke in einer Schwankung der Geschwindigkeit der Gesamtströmung.

Temperaturmessungen wurden vorgenommen bis zur Tiefe von 55 *m*. Dieselben gestatten aber nicht, wie man erwartet hatte, einen Schluß auf die Bewegung des Wassers, liefern vielmehr das Resultat, daß

1. die Temperaturen in 55 *m* Tiefe an allen Stellen dieses Gebietes und in jedem Monate des Sommerhalbjahres durchweg in der Nähe des Gefrierpunktes liegen (sie variieren nur zwischen — 1 und + 1°),

2. daß das Wasser des ostneufundländischen (polaren) Stromes sich ebenso an der Oberfläche erwärmt wie das Oberflächenwasser an andern Punkten des ganzen Bereiches.

Die Temperaturmessungen ließen ferner einen recht markanten Fall von kaltem Auftriebwasser in kleinem Maßstabe erkennen, wenn starke ablandige Winde wehten. So sank z. B. einmal die Temperatur des Küstenwassers innerhalb eines drei Seemeilen breiten Streifens von + 10 auf + 1½° und noch innerhalb eines zehn Seemeilen breiten Gürtels unter + 7°.

Die normalen Strömungsverhältnisse können unter gewissen Witterungsumständen Störungen erleiden; der Strom kann abgelenkt werden nach einer beliebigen Richtung, aber im allgemeinen nur von der Oberfläche bis zu 18 *m* Tiefe und leichter bei Ebbe als bei Flut.

Die Strömungen am Eingange der Fundybai sind durch Unteruchungsfahrten im Jahre 1904 studiert worden, und W. Bell Dawson hat über die Ergebnisse derselben berichtet. Dr. L. Mecking hat diesen kanadischen amtlichen Bericht bearbeitet.[1]) Derselbe schließt sich am nächsten an den 1899 erschienenen, von Schott bearbeiteten an, welcher die „Sprungwelle und Flutgröße im obern Teile der Fundybai“ auf Grund der im Sommer 1898 erhaltenen Beobachtungen behandelt. Während aber diese nur an selbstregistrierenden Pegeln von verschiedenen, passend ausgewählten Landstationen gewonnen waren, liegen nunmehr Beobachtungen vom Meere selbst vor, die im Sommer 1904 vom verankerten Schiffe aus an vierzehn Punkten im Bereiche der Fundybaimündung ausgeführt worden sind.

Beobachtet wurde nur außerhalb der 50 *m* Tiefenlinie, d. h. in einem Küstenabstande von mindestens vier bis fünfzehn Seemeilen, so daß also die Strömungen zwischen den Inseln und Riffen nicht berücksichtigt wurden. Gegenstände der Beobachtung waren die Oberflächenströmung, deren Geschwindigkeit und Richtung in 6 *m* Tiefe festgestellt wurde, und die Tiefenströmung, von der ebenfalls Geschwindigkeit und Richtung in 55 *m* Tiefe ermittelt wurde. Gleichzeitig wurden in St. John am Nordrande der Bai und in Yarmouth die Gezeiten registriert, endlich wurden Wassertemperatur, Luftdruck und Wind beobachtet.

Die Strömung an der Oberfläche hat strengen Gezeitencharakter, die übereinstimmende Tendenz derselben bei Flut buchteinwärts, bei Ebbe buchtauswärts zu setzen, tritt an allen Punkten scharf hervor. Die Geschwindigkeitsangaben beziehen sich auf die mittlere Springtidenhöhe von 7.2 *m* bei St. John, da die Geschwindigkeit des Tidenstromes in dieser Höhe wechselt. Die zeitlichen Variationen in der Stärke der Strömung sind sehr groß. Nach einem an vier Stationen angestellten Vergleiche beträgt der Unterschied in der Stärke von Flut und Ebbe nicht mehr als 3%. Diese fast völlige Gleichheit bestätigt den ausgeprägten Gezeitencharakter der Strömungen und stimmt überein mit der schon früher festgestellten Tatsache, daß im Hintergrunde der Bai die Erhebung des Wasserspiegels bei Flut über das Mittelniveau völlig gleich ist dem Betrage der Erniedrigung bei Ebbe.

An allen Stationen wurde die Maximalstärke von Ebbe- und Flutstrom auch für die Tiefe von 55 *m* ermittelt. Dabei zeigte sich, daß die Stärke des Tiefenstromes nie mehr als um 7% von der des Oberflächenstromes abweicht, daß also die Gezeitenbewegung in der ganzen Wassermasse bis zu 55 *m* Tiefe nahezu die gleiche Geschwindigkeit besitzt. Ebenso erfolgt das Kentern von Oberflächen- und Tiefenstrom nahezu gleichzeitig, indem der zeitliche Unterschied

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 454.

den Betrag von zehn bis fünfzehn Minuten im allgemeinen nicht übersteigt. Endlich ist auch das Verhältnis der Stärke von Ebbe- und Flutstrom in der Tiefe dasselbe wie an der Oberfläche: beide Gezeitenbewegungen sind ungefähr gleich stark.

Eine Störung der Strömung durch gelegentlichen starken Wind scheint meist nur die Tiefe von 10 *m* zu erreichen und nie die Tiefe von 20 *m* zu überschreiten. Eine Störung ist deshalb auch nie nachhaltig, sondern muß bald wieder den normalen Bedingungen weichen, da von diesen die ganze Wassermasse bis zum Boden beherrscht wird.

Die Strömung wird auch beeinflußt durch bevorstehenden Sturm: sie setzt nämlich vor dem Ausbrechen eines Sturmes in der Richtung gegen denselben mit größerer Stärke als gewöhnlich. Diese Verhältnisse sind analog den von der Ost- und Südostküste Neufundlands her bekannten.

Lokale Besonderheiten der Strömungen werden bewirkt entweder durch Inseln, die in der Strömungsrichtung liegen, oder durch einen hohen Betrag des Tidenhubes, infolgedessen die Küstenkonfiguration bei Ebbe und Flut sehr verschiedene Gestalt erhält. Als ein Haupthindernis der ersten Art sieht Dawson die am Eingange der Fundybai gelegene Insel Grand Manan an.

Während also zeitlich äußerst geringe Variationen vorhanden sind, d. h. an einem und demselben Orte sowohl Richtung wie Zeit des Auftretens der Gezeitenbewegungen sehr konstant sind, und lediglich die Stärke im Laufe des Monates wechselt, — sind die örtlichen Variationen auffallend groß, so daß eine Ortsveränderung von nur wenigen Seemeilen eine merkliche Änderung in Stärke (Richtung) und Zeit der Gezeitenerscheinungen mit sich bringen kann. Diese für die Strömungen der Fundybairegion charakteristischen Eigentümlichkeiten sind für den Schiffsführer von größter Wichtigkeit.

Messung der Wassertemperaturen wurde vorgenommen, um festzustellen, ob das einwärtsfließende Wasser andere Temperatur aufweise als das auswärtssetzende. Aber der gefundene Unterschied der Temperaturen bei Ebbe und Flut belief sich nur auf den Bruchteil eines Grades an allen Stationen außer einer. An dieser zeigte sich eine Differenz von beinahe 2°, und zwar in dem Sinne, daß das ausfließende Wasser des Ebbestromes kälter wäre als das einwärtsströmende Flutwasser.

Der Golfstrom im Mai und Juni 1904. Nach gewissen öffentlich aufgestellten Behauptungen soll der Golfstrom im Mai und Juni 1904 eine erhebliche Geschwindigkeitszunahme im Vergleiche mit den durchschnittlichen Versetzungsgrößen gezeigt haben. So einfach, heißt es in den Annalen der Hydrographie[1]) die Aufstellung einer

[1]) 1905. p. 314.

solchen Behauptung ist, die vielleicht nur auf wenigen Beobachtungen beruht, so zeitraubend und umständlich ist ihre Prüfung; da aber mit einer Untersuchung der Sachlage zugleich die Frage, ob unter Umständen eine synoptische Darstellung von Strömungen möglich sei, beleuchtet werden mußte, so schien die nähere Bearbeitung doch die aufzuwendende Mühe zu lohnen.

Um mehr Beobachtungen für eine Untersuchung der Frage zu erlangen, als sie gewöhnlich zur Verfügung stehen, versandte die Deutsche Seewarte im Juni 1904 ein Rundschreiben und erhielt daraufhin 40 Listen von Stromversetzungen im Nordatlantischen Ozeane zwischen der europäischen und amerikanischen Küste. Dazu kamen noch 49 meteorologische Tagebücher, so daß im ganzen 89 Kapitäne Beiträge lieferten, 14 von Seglern und 75 von Dampfern.

Als Ergebnis der auf der Deutschen Seewarte ausgeführten Untersuchungen der einzelnen Angaben werden von jener folgende Sätze für die Zeit vom 10. Mai bis zum 10. Juni 1904 aufgestellt.

1. Verglichen mit den mittlern Verhältnissen war die Geschwindigkeit des Golfstromes, von West nach Ost gehend, zu gering, zu groß, zu gering, zu groß.

2. Die Geschwindigkeit des Golfstromes nahm während dieses Zeitraumes von West nach Ost nicht gleichmäßig ab, sondern zeigte in dem mittlern Teile eine Abnahme, mit höhern Geschwindigkeiten vor und nachher.

3. Vor dem 22. Mai und nach dem 5. Juni verschwand der Strom früher von der Oberfläche als gewöhnlich, um später weiter im Osten noch einmal aufzutauchen.

4. Vom 22. Mai bis zum 5. Juni reichte der ununterbrochene Strom am weitesten nach Osten.

5. Die größte Verlagerung des mittlern Stromteiles nach Norden fiel in die Zeit vom 1. bis 5. Juni.

6. Die stärksten Versetzungen in der kleinsten geographischen Länge, d. h. am weitesten nach Osten, fielen in die Zeit vom 22. bis 26. Mai.

7. Innerhalb kleiner Gebiete wechselte die Geschwindigkeit manchmal beträchtlich in fünf, mehr noch in zehn bis fünfzehn Tagen.

8. Nördlich und südlich vom Hauptstromstriche fand sich meist gleichzeitig eine Gegenströmung nach Westen, die ausnahmsweise einmal eine Geschwindigkeit erreichte, die die des Golfstromes selber in der Umgebung übertraf.

9. Der Einfluß frischer und starker Winde macht sich auch an der stärksten Strömung bemerkbar, sowohl in fördernder wie in hemmender Weise.

10. Im großen und ganzen hat im Mai und Juni 1904 eine andauernde und das ganze Stromgebiet gleichmäßig betreffende Geschwindigkeitszunahme des Golfstromes nicht bestanden, trotz der gemeldeten zum Teile starken Einzelversetzungen.

Abgesehen von der Beantwortung der eigentlichen Frage, die den Gegenstand der Untersuchung bildete, führt die Arbeit manchen Theoretikern von neuem vor Augen, welch wechselvolles, von schematischen Darstellungen abweichendes Bild die Strömungen in begrenzten Zeitabschnitten in Wirklichkeit bieten. Es handelt sich in der Darstellung um den ersten Versuch, eine Art Augenblicksbild von einer Strömung zu entwerfen in ähnlicher Weise, wie die täglichen synoptischen Wetterkarten vom Nordatlantischen Ozeane in bezug auf Wind und Wetter seit Jahren es gewähren. „Daß das Bild nicht im strengen Sinne ein Augenblicksbild ist, liegt einmal im Wesen der zugrunde liegenden Stromversetzungen und sodann in der beschränkten Zahl von Beobachtungen begründet. Welche Aussichten für die Forschung würden sich eröffnen, wenn es in solchen Fällen oder auch überhaupt möglich wäre, einen allgemeinen internationalen Austausch der maritimen Beobachtungen herbeizuführen! Wenn z. B. in dem vorliegenden Falle der Deutschen Seewarte auch die holländischen, englischen und amerikanischen Beobachtungen zur Verfügung hätten stehen können, so würde es voraussichtlich möglich gewesen sein, ein einigermaßen befriedigendes Bild der Strömungsverhältnisse von 24 zu 24 Stunden zu entwerfen. Immerhin läßt auch die Zusammenfassung der Beobachtungen von einigen wenigen Tagen einen tiefen Blick tun in die tatsächlichen Bewegungsvorgänge der Meeresoberfläche, die ihrem ganzen Wesen nach diskontinuierlich sind; dies gilt auch dann, wenn wir — wie es sachgemäß ist — die ganz schwachen Versetzungen (etwa bis zu neun Seemeilen im Etmal im vorliegenden Falle) außer Acht lassen."

Der Einfluß der Eisschmelze auf die Meerströmungen ist in den letzten Jahren von O. Pettersson unter Zugrundelegung von Laboratoriumsversuchen über die Eisschmelze in Seewasser eingehend studiert worden. Schon vor fünf Jahren ist er zu dem Ergebnisse gekommen, daß durch das Schmelzen von Eis in salzhaltigem Wasser Strömungen hervorgerufen werden. Eine Darstellung der Petterssonschen Studien und Ergebnisse gibt R. Lütgens[1]), der das folgende entnommen ist.

Die gesamte stromerzeugende Kraft beim Eisschmelzen berechnet Pettersson auf $0.013\,91 \cdot l$ Kilogrammeter per Kilogramm geschmolzenen Eises. Er findet ferner, daß der Betrag an Arbeit, der beim Schmelzen von Eis in Seewasser frei wird, proportional dem spezifischen Gewichte des Wassers ist. Im Süßwasser ist deshalb die Arbeit gleich Null. Ferner ist die Energie proportional der Tiefe des untergetauchten Teiles, so daß bei einem Eisberge von 500 *m* Tiefe eine Energie von ungefähr sieben Kilogrammetern erforderlich ist. Die zur

[1]) Ann. d. Hydrographie 1905. p. 150 u. ff.

Leistung der Arbeit nötige Wärme wird dem umgebenden Wasser, das in Berührung mit dem Eise auf — 1.9° abgekühlt wird, entnommen. Teils sinkt dann das Wasser und bildet die kalten Bodenschichten der Ozeane, teils aber mischt es sich mit dem Schmelzwasser zum Oberflächenstrome. Da nun das Wasser in unmittelbarer Nähe des Eises den Schmelzprozeß nicht lange unterhalten kann, und das abgekühlte Wasser aufsteigt oder sinkt, muß notwendig anderes Wasser herbeifließen und so die Rolle einer Unterströmung übernehmen. Dies ist die im europäischen Nordmeere als atlantisches Wasser bezeichnete Schicht zwischen dem abgekühlten Oberflächenwasser und dem kalten arktischen Bodenwasser. Das arktische Bodenwasser ist also nur durch die Eisschmelze verwandeltes atlantisches Wasser.

Im Jahre der Ingolfexpedition (1896) bestand zwischen Island und Jan Mayen im Mai eine zusammenhängende Eiskante von 300 *km* Länge. Bis Juli waren diese Eismassen geschmolzen und die Energie zur Unterhaltung des ostisländischen Polarstromes verwandt. Aus dem Querschnitte und der Geschwindigkeit des Stromes berechnet Pettersson unter der Annahme, daß das Wasser des ostisländischen Polarstromes aus etwa $^1/_{18}$ Schmelzwasser und $^{17}/_{18}$ atlantischem Wasser besteht, die zur Erzeugung und Unterhaltung der Strömung entwickelte Arbeit auf rund 400 000 Pferdekräfte. Es sind also in der Gegend, in der jährlich Eis in größerm Maße schmilzt, drei Strömungen vorhanden. An der Oberfläche fließt der Polarstrom, der das Mischwasser der Eisschmelze und des abgekühlten atlantischen Wassers fortführt. Für den Ersatz sorgt der warme atlantische Unterstrom. In der Tiefe befindet sich das arktische Wasser, das langsam niedern Breiten zugedrängt wird. Wo immer die Tiefe der Meeresräume dieses dreifache Strömungssystem zuläßt, da schmilzt das Eis, und wo der warme Unterstrom nicht eindringen kann, wie z. B. an der Küste Grönlands und Labradors, da treiben Eismassen weit nach Süden.

Die große, bei der Eisschmelze frei werdende Energie vermag eine Strömung in ihr sonst nicht zukommende Richtungen zu zwingen. Der ostisländische Polarstrom müßte dem Einflusse der Erdrotation folgend nach Südwesten fließen. Durch die Eisschmelze in SO.-Richtung zu den Faröerinseln beschleunigt, kann er, wenn auch als Unterstrom, die norwegische Küste und durch die norwegische Rinne das Skagerrak und Kattegat erreichen. In umgekehrter Richtung wirkt die Eisschmelze auf den atlantischen Strom. Von der nordöstlichen Hauptrichtung zweigt nördlich und südlich von Jan Mayen je ein Teil der Strömung ab, um als Unterstrom westwärts setzend den Schmelzprozeß zu unterhalten und die abfließenden Massen zu ersetzen. Die Tatsache der drei durch Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede gekennzeichneten Strömungen ist durch Messungen bei Lotungen festgelegt.

Gestützt auf die Ergebnisse der Lotungen im Juli und August 1900 erkennt Pettersson als die wichtigste treibende Kraft bei der Wasserzirkulation des norwegischen Meeres den Eisschmelzprozeß in seinem westlichen und nordwestlichen Teile. Von hier aus wird das kalte Wasser in zwei verschiedenen Strömungen an der Oberfläche und am Grunde nach Süden und Osten gesandt. Der polare Oberflächenstrom, Ostgrönlandstrom genannt, sendet einen Zweig südwärts durch die Dänemarkstraße an der Küste Grönlands entlang. Seine Eismassen werden, solange sie sich an der Küstenbank halten, nicht angegriffen. Westlich vom Kap Farewell geraten sie aber in das tiefere Wasser der Davisstraße, wo sie der warme Unterstrom angreift und zum Schmelzen bringt. Der andere Arm ist der ostisländische Polarstrom, der sich wieder in zwei Zweige teilt. Einer folgt der Küste Islands, während der andere an der nördlichen Seite der Island-Faröerbank einen südöstlichen Kurs nimmt. Die Eisführung dieser Ströme wechselt in den verschiedenen Jahren stark. So war 1902 ein schweres Eisjahr, in dem Island blockiert war. Pettersson erklärt dies durch den Wechsel der Wassermenge des atlantischen Stromes, der in das norwegische Meer eintritt.

Der atlantische Strom dringt in der Hauptsache über den Wyville-Thomsonrücken in das norwegische Meer. Er geht geschlossen in der Richtung des Meridianes von Greenwich bis fast zu 70° nördl. Br. weiter. Hier teilt er sich in vier Arme. Die zwei ersten gehen genau westlich zur Küste Grönlands, einer südlich, der andere nördlich von Jan Mayen. Nur kurze Zeit fließen sie als Oberflächenstrom, dann tauchen sie unter den Polarstrom. Der dritte Arm geht nordwärts nach Spitzbergen und später gleichfalls als Unterstrom in das Nordpolarbecken, wo Nansen ihn nachgewiesen hat, während der vierte nach Osten in die Barentssee dringt. Jeder dieser Ströme kann nachgewiesen werden. An der Oberfläche zeigen eisfreie Gebiete die warme Strömung an. In den mittlern Tiefen ergibt sich durch Messungen in der arktischen Region in 60 *m* bis etwa 300 *m* Tiefe ein Maximum von Salzgehalt und Temperatur, durch das der Unterstrom leicht erkennbar ist.

Auch der Polarstrom taucht schließlich unter, läßt sich aber noch weit verfolgen, und zwar in drei Richtungen. Ein Teil der Strömung geht über die Faröer-Islandbank, ein anderer über den Wyville-Thomsonrücken, während der dritte Arm durch die norwegische Rinne in das Skagerrak und Kattegat dringt, um hier vor allem für die Fischereiverhältnisse von grundlegender Bedeutung zu sein.

Um die Verhältnisse in den Eisfjorden und den Teilen des Meeres, in die das atlantische Wasser nur spärlich oder auf indirektem Wege gelangt, zu erläutern, hat Pettersson ebenfalls Laboratoriumsversuche gemacht, aus denen sich folgende drei Sätze ergeben, die also für Meeresteile mit begrenzter Warmwasserzufuhr gelten: 1. Das

Maximum von Salzgehalt und Temperatur, das in arktischen Meeren, in die ein Warmwasserstrom frei eintritt, in den mittlern Schichten unter dem kalten Oberflächenwasser gefunden wird, existiert nicht. 2. Die langsame Temperaturabnahme, die man in den tiefern Teilen der arktischen Meere vorfindet, existiert gleichfalls nicht. 3. Die ganze Wassermasse gibt Wärme ab, und zwar die obern Schichten schneller, die mittlern und untern langsamer und gleichmäßiger. Das Eis, das in einer Schicht von frischem oder brackigem Wasser schwimmt, schmilzt auf Kosten der Wärme des untern und salzhaltigern Wassers. Verschiedene Expeditionen haben bei Lotungen in Fjorden diese Sätze bestätigt gefunden.

Die Ursachen der Meerströmungen beleuchtet Fridtjof Nansen.[1]) Er erwähnt, daß man bei der Diskussion dieses Problems sehr häufig den Fehler gemacht habe, vorauszusetzen, alle Meerströmungen hätten dieselben Ursachen oder gar nur eine Ursache, sei es der Wind oder Differenzen der Dichtigkeit des Meerwassers. Es gibt aber verschiedene Arten von Meerströmungen mit verschiedenen Ursachen; so ist z. B. der Ostgrönländische Polarstrom hauptsächlich eine reine Oberflächenströmung (100 bis 200 *m* tief), zum größten Teile von den Niederschlägen in den Polargegenden und besonders in Sibirien abhängig, aber auch von den Winden stark beeinflußt, während der Golf- oder Nordatlantische Strom eine viel größere und tiefere Strömung ist (500 bis 900 *m* tief), die jedenfalls zum großen Teile durch die Erwärmung des Meerwassers in den äquatorialen und die Abkühlung in den nördlichen Breiten bedingt ist. Die Winde haben aber auch einen sehr bedeutenden Einfluß auf diesen Strom, und ferner muß das Meerwasser, das der Ostgrönländische Polarstrom durch Mischung von Süßwasser oder salzarmem Wasser mit den unten liegenden Wasserschichten mit sich führt, durch Wasser aus dem Golfstrome ersetzt werden, und da der Ausfluß von Wasser aus dem Norwegischen Meerbecken und dem Nordpolbecken zum größten Teile durch den Ostgrönländischen Polarstrom (zwischen Island und Grönland) geschieht, so wird diese Ursache wahrscheinlich für die Bildung des Golfstromes im Norwegischen Meere, wo das schwere, abgekühlte Bodenwasser wegen des Faröer-Islandrückens in den Atlantischen Ozean nicht hinausfließen kann, sehr an Bedeutung gewinnen.

Drei Energiequellen können überhaupt als Ursachen der Meerströmungen herbeigezogen werden: die Eigenwärme der Erde, die anziehende Kraft fremder Himmelskörper und die Wärmestrahlung der Sonne. Von diesen ist nur die letztere tatsächlich von Bedeutung. Sie wirkt, wie Nansen hervorhebt, zum Teile indirekt a) durch die in der Atmosphäre erregte Zirkulation, die Winde, und durch deren

[1]) Petermanns Mitt. 1905. p. 1 ff.

Reibung auf der Meeroberfläche; wir nennen die dadurch erzeugten Strömungen Winddriften oder Windströmungen; zum Teile direkt, und zwar b) durch die Erwärmung des Meerwassers, wodurch Konvektions- oder Wärmeströmungen entstehen, oder c) durch Verdunstung von der Meeroberfläche und durch Niederschlag in andern Gegenden, wodurch Verdunstungs- und Niederschlagsströme entstehen.

Indem Nansen zunächst die Winddriften oder Windströmungen betrachtet, kommt er auf die Untersuchungen von Zöppritz zurück und betont nachdrücklich, daß durch dieselben das Problem nicht gelöst werde.

„Zöppritz", sagt er, „hat den bedeutungsvollen Fehler gemacht, daß er in seinen Berechnungen über die stromerregende Wirkung der Winde auf die Wasserschichten in verschiedenen Tiefen des Meeres, die ablenkende Wirkung der Erdrotation nicht berücksichtigte. Er scheint, wie viele andere, von der Voraussetzung ausgegangen zu sein, daß in allen Breiten der Erde die durch Reibung erzeugten Winddriften der Windrichtung folgen, während sie und Reibungsströmungen überhaupt, in der Tat ganz wie andere Strömungen eine starke Neigung haben müssen, durch die Erdrotation abgelenkt zu werden, und diese Neigung muß für horizontale Strömungen mit der geographischen Breite zunehmen. Wie dies schon bei der Bewegung des Oberflächenwassers der Fall ist, so muß es in noch höherm Grade bei derjenigen der tiefern Schichten sein, denn eine Wasserschicht, die von einer darüberliegenden durch Reibung in Bewegung gesetzt wird, kann sich nicht genau in derselben Richtung wie die letztere bewegen, da sie durch die Erdrotation abgelenkt wird. Die Reibung wirkt wie eine Kraft, und die dadurch erzeugte Bewegung muß der Resultanten aus dieser Kraft und der ablenkenden Kraft der Erdrotation (der Rotations- oder Ablenkungskraft) folgen. Die Ablenkung des Wassers, das durch Reibung von den Winden in Bewegung gesetzt wird, muß also mit der Tiefe mehr oder minder rasch wachsen, und, falls nicht Stauung an Küsten oder an Wasser anderer Meergebiete es verhindert, muß in einer bestimmten Tiefe die Strömung eine dem Winde entgegengesetzte Richtung haben, und in einer noch größern Tiefe wird sie nach einer ganzen Umdrehung wieder der Richtung des Windes folgen. Es geht hieraus klar hervor, daß im offenen Meere die Geschwindigkeit der Winddriften rasch mit der Tiefe abnehmen muß, auch wenn die Strömungen einen stationären Zustand erreicht haben.

Aus dem oben Gesagten geht weiter hervor, daß außerhalb des Äquators, wo die ablenkende Rotationskraft gleich Null ist, die Tiefe, welche eine Winddrift überhaupt erreichen kann, sehr beschränkt sein muß, und diese Tiefe muß mit wachsender geographischer Breite abnehmen; in der Tat ist die Tiefe umgekehrt proportional der Quadratwurzel des Sinus der Polhöhe. Die stromer-

zeugende Wirkung des Windes kann folglich nicht, wie Zöppritz angenommen hat, im Laufe der Zeit durch Reibung an jede beliebige Tiefe übertragen werden.

Weiter ergibt sich, daß die maximale Oberflächengeschwindigkeit, welche ein von einem bestimmten Winde erzeugter Strom überhaupt erreichen kann, außerhalb des Äquators sehr begrenzt ist, und daß sie mit wachsender geographischer Breite abnehmen muß. Die Oberflächengeschwindigkeit einer Winddrift kann folglich auch nicht in einem unendlich tiefen Meere, wie Zöppritz angenommen hat, im Laufe der Zeit sich allmählich derjenigen des Windes nähern, sie kann nie mehr als ein Bruchteil derselben werden. Endlich muß eine Strömung, die von einem bestimmten Winde erzeugt wird, schon nach einer gewissen begrenzten Zeit tatsächlich ihren stationären Zustand erreichen, da sie nur eine gewisse begrenzte Tiefe erreichen kann. Dies stimmt auch gut mit den Beobachtungen. Die Annahme von Zöppritz, daß in einem unendlich tiefen Meere ein Windstrom, solange der Wind dauert, fortwährend an Tiefe und Stärke zunehmen muß, ist folglich nicht richtig.

Durch die Beobachtungen während der „Fram"-Drift im Polareise 1893 bis 1896 wurde bewiesen, daß die Bewegungsrichtung einer von einem bestimmten Winde erzeugten Drift immer einen ansehnlichen Winkel mit der Windrichtung bildet. Dieser Winkel war während der kurzen Windperioden jener Drift durchschnittlich ungefähr 28°, aber während der ganzen Drift wahrscheinlich ungefähr 37.5°, falls die Wirkung der permanenten Strömung eliminiert wird.

Dr. Gerhard Schott macht in seinem Buche: „Physische Meereskunde", die Mitteilung, daß aus den Strommessungen auf dem Feuerschiffe „Adlergrund" (zwischen Bornholm und Rügen) hervorgeht, daß eine Winkeldifferenz zwischen Strom und Wind besteht, „welche im Mittel für Adlergrund etwa 2½ Kompaßstriche oder rund 25° beträgt, und zwar liegt diese Abweichung in der großen Mehrzahl der Fälle hier nach rechts". Die Strömungen sind hier in 5 *m* und 0 *m* Tiefe lange Zeit hindurch gemessen worden.

Dr. Walfrid Ekmann, der das Problem in einer Abhandlung über den Einfluß der Erdrotation auf die winderzeugten Strömungen mathematisch behandelt, kommt dabei zu dem Resultate, daß, wenn der Widerstand des Meeresbodens, der Küsten usw. nicht störend wirkt, die Bewegungsrichtung an der Oberfläche einer Winddrift überall auf der Erde außerhalb des Äquators einen Winkel von 45° mit der Windrichtung bildet. Die Tiefen, zu denen die merkbare stromerregende Wirkung der Winde im offenen Meere hinabdringen kann, sind von der Stärke des Windes unabhängig und sehr beschränkt. Dr. Ekmann findet ferner, daß die Winddriften schon in sehr kurzer Zeit (die nur Tage betragen kann) nach Beginn des Windes ihre stationäre Geschwindigkeit erreichen müssen.

Durch den Widerstand der Küsten und des unebenen Meeresbodens, wie auch durch den Anstau gegen die Wassermassen anderer Meeresgebiete kann aber, wie Nansen betont, die Tiefe der Winddriften wesentlich vergrößert werden. Auch müsse man berücksichtigen, daß durch die Sturzseen oder die sich überschlagenden Kämme der Wellen das Oberflächenwasser des Meeres vorwärtsgeschleudert und in viel stärkere Bewegung auch unter der Oberfläche versetzt werde, als nur durch die Reibung der Luft auf die glatte Wasserfläche möglich ist. Jedenfalls gehe indessen aus dem Erwähnten hervor, daß Zöppritz zu verhängnisvollen Fehlschlüssen kommen mußte, indem er die ablenkende Kraft der Erdrotation bei seinen Berechnungen nicht berücksichtigte; seine Argumentation gelte überhaupt nur für den Äquator. Falls er recht hätte, sollte man erwarten, daß z. B. die Äquatorialströme oder andere große Meerströmungen bis auf den Meerboden reichen, während sie nur eine sehr beschränkte Tiefe haben.

Zöppritz hat nach Nansen noch einen andern verhängnisvollen Fehler dadurch gemacht, daß er den experimentellen Koeffizienten für die innere Reibung des Wassers zu seinen Berechnungen benutzte. Dieser Koeffizient (0.014) sei ganz unbrauchbar für die Berechnung von Meerströmungen; der Widerstand des Wassers durch Reibung, Wirbelströmungen, Grenzwellen usw. ist vielleicht 10 000- oder 100 000 mal so groß oder noch größer.

Nansen besteht nachdrücklich darauf, daß die Winde keine andauernde Meereszirkulation hervorrufen können, wenn sie der durch die Driftunterschiede des Wassers bedingten Bewegungsrichtung des Wassers entgegenwirken. Es wäre, sagt er, z. B. unmöglich, daß die Winde, welche Richtung sie auch haben mögen, auf die Dauer den Transport von warmem Wasser von den Tropen gegen die kalten Zonen verhindern könnten, wie sie auch nicht auf die Dauer das Ausfließen des leichten, salzarmen Oberflächenwassers aus dem Nordpolarbecken oder aus der Ostsee hindern könnten. Die Winde haben jedoch einen sehr starken Einfluß auf die Geschwindigkeit der Meerströme. Aber es ist klar, daß der Urgrund oder die erste Bedingung der wesentlichen Zirkulation des Meeres die ungleiche Verteilung der Dichte des Meerwassers ist. Die großen Dichtedifferenzen hängen hauptsächlich von der Temperatur und nicht von dem Salzgehalte ab; in ihren großen Zügen folgen die Isopyknen (Linien gleicher Dichte) den Isothermen und nicht den Isohalinen. Jedenfalls wird die Hauptrichtung, wenn auch nicht die Geschwindigkeit der großen Meereszirkulation, durch die Wärme, die das Meer direkt von der Sonne empfängt, bedingt. Da die Menge von Salz, die von den tropischen Meeren durch die Ströme fortgeführt wird, immer derjenigen, die zugeführt wird, gleich sein muß, so kann auf diese Weise, ohne Verdunstung und Niederschlag, keine stationäre Bewegung erzeugt werden. Dagegen sind

die Wärmemengen, die von den tropischen Meeren durch die Meerströmungen fortgeführt werden, weit größer als diejenigen, die durch Strömungen zugeführt werden, und da haben wir die fundamentale Ursache."

Die stromerzeugende Kraft (Gradientkraft) der Dichtedifferenzen läßt sich berechnen, wenn die Dichte des Wassers in den verschiedenen Teilen des Meeres bekannt ist. Im ganzen norwegischen Meere, sagt Nansen, kennen wir jetzt durch die norwegischen Untersuchungen der letzten Jahre die vertikale Verteilung der Dichte ziemlich genau, im Atlantischen Ozeane und auch in den andern Teilen des Weltmeeres ist leider unsere Kenntnis in dieser Beziehung ziemlich mangelhaft, und aus den tropischen Meeren liegen noch keine vertikalen Reihen genauerer Beobachtungen vor. Nimmt man nun an, fährt Nansen fort, daß die Dichtedifferenzen hauptsächlich nur in den obern 500 *m* bedeutend sind, und ferner, daß die durchschnittliche Dichte dieser 500 *m* oder 50 000 *cm* Wasser in 24° n. Br. im Atlantischen Ozeane = 1.0257 ist, während sie in 74° n. Br. im Norwegischen Meere = 1.0281 ist, so findet sich, daß auf Grund dieser Dichtedifferenz das Meer in 24° n. Br. ungefähr 1.175 *m* oder 117,5 *cm* höher als in 74° n. Br. stehen muß.

Die dadurch entstehende Gradientkraft würde einen Strom erzeugen mit einem Zuwachse der Oberflächengeschwindigkeit von 0.0001 *cm* in der Sekunde oder von 9 *cm* in 24 Stunden, wenn das Wasser keiner Reibung unterworfen wäre, und andere Kräfte, besonders die Ablenkung durch Erdrotation, nicht einwirkten.

Nansen betrachtet die Wirkung der Erdrotation auf die Wärmezirkulation des Meeres und beschreibt ein einfaches Experiment als Ausgangspunkt für die Untersuchung, wie auf einer vollständig von Meer bedeckten, also kontinentlosen, Erde, das in den Tropen erwärmte und leichter gemachte Wasser sich bewegen würde, falls es allein den Wirkungen der (oben erwähnten) Gradientkraft und der Erdrotation ausgesetzt wäre. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß dieses leichtere Wasser, allein von der Gradientkraft getrieben, sich durch eine zirkumpolare Spiralströmung ganz langsam gegen den Pol ausbreiten muß, und daß die Geschwindigkeit, mit welcher es sich dem Pole nähert, von dem Widerstande des Wassers abhängig ist.

„Wird in den Äquatorialgegenden fortwährend leichteres Wasser durch Wärmezufuhr (Sonnenstrahlung) gebildet und das Wasser in den Polargegenden abgekühlt, so muß eine kontinuierliche Zirkulation zwischen Äquator und Pol entstehen. Falls die Erde nicht rotierte, würde diese Zirkulation durch direkte Strömungen zwischen Äquator und Pol vermittelt werden, deren stationäre Geschwindigkeit von dem Reibungswiderstande usw. abhängig wäre. Auf der rotierenden Erde setzt sich die Zirkulation in zirkumpolare Spiralströmungen um, deren Widerstand und folglich auch deren

stationäre Geschwindigkeit von derselben Größenordnung wie auf der stillstehenden Erde sein werden, deren Weg aber vielmals länger wird. Der tatsächliche Wasseraustausch zwischen Äquator und Pol wird folglich durch die Rotation ungefähr so viel vermindert, wie der Stromweg verlängert wird. Da sich das Wasser um so viel länger in jeder Zone bewegt, muß die Erwärmung in den warmen Zonen und die Abkühlung in den kalten Zonen entsprechend gesteigert werden; die Wärmedifferenz zwischen Äquatorialwasser und Polarwasser muß folglich ungefähr um so viel größer als auf der stillstehenden Erde werden, als die Strömungsbahn durch die Rotation verlängert wird. Ferner muß die Dichtedifferenz zwischen äquatorialem und polarem Meerwasser durch die Rotation der Erde um so viel vergrößert werden, daß die durch diese Dichtedifferenz bedingte Gradientkraft dieselbe Größe erreicht, wie die durch die Erdrotation erzeugte Ablenkungskraft einer Strömung, die sich mit annähernd derselben Geschwindigkeit wie die stationären Strömungen auf der stillstehenden Erde bewegt. Falls wir also auf einer rotierenden kontinentlosen Erde die Gradientkraft zwischen den äquatorialen und polaren Gegenden durch Dichtebeobachtungen bestimmen könnten und falls die Meerströmungen allein von dieser Gradientkraft erzeugt würden, so könnten wir verhältnismäßig leicht die mögliche Geschwindigkeit der Meerströmungen bestimmen. Jedoch muß man berücksichtigen, daß die Zirkulationskurven der einzelnen Wasserteilchen des Meeres zwar kontinuierlich sind, daß sich aber an den verschiedenen Teilen dieser Kurven das Wasser in Ebenen bewegt, die verschiedene Winkel mit der Rotationsachse bilden, und daß folglich sich die Ablenkungskraft fortwährend ändert. In dem aufsteigenden Teile der Zirkulationskurven, wo das kalte Tiefenwasser in der Nähe der Wendekreise gegen die Oberfläche gehoben wird, wird dieses aufsteigende Wasser durch die Erdrotation stark gegen W abgelenkt, und es werden hier westlich gehende Oberflächenströmungen wie die jetzigen Äquatorialströmungen gebildet. Das Wasser dieser Strömungen wird erst allmählich in östlich gehenden Spiralströmungen gegen die Pole abgelenkt werden können.

Denken wir uns aber jetzt, fährt Nansen fort, anstatt einer kontinentlosen Erde eine solche, wo die Kontinente so angeordnet sind, daß sie schmale meridionale Meerrinnen (mit glatten Küsten) begrenzen, die vom Äquator nach den Polen gehen. Auf dieser Erde wird das Meerwasser in derselben Weise in den Äquatorialgegenden erwärmt und in den Polargegenden abgekühlt. In den schmalen meridionalen Rinnen kann das Wasser aber nicht durch die Erdrotation abgelenkt werden (jedenfalls nicht mehr als in einem Flusse), und die Zirkulation zwischen Äquator und Pol muß in einer ähnlichen Weise wie auf der stillstehenden Erde stattfinden, wenn man nicht berücksichtigt, daß der Widerstand durch die Reibung

gegen die Seiten (Küsten) der Rinnen vergrößert wird. In einer solchen Rinne wird die Dichte- oder Wärmedifferenz des Meerwassers zwischen den äquatorialen und polaren Gegenden viel kleiner sein als auf einer kontinentlosen Erde oder auf einer Erde mit großen zirkumpolaren Meeren. Sie wird ungefähr dieselbe sein, wie auf einer stillstehenden Erde, wenn man von dem vergrößerten Widerstande und von dem Einflusse der Kontinente auf die Temperatur absieht, und annähernd um so viel kleiner gegenüber der rotierenden kontinentlosen Erde, als der direkte Weg zwischen Äquatorial- und Polargegenden kürzer ist als die zirkumpolaren Spiralbahnen der Strömungen.

Auf der wirklichen Erde haben wir aber verschiedene Übergangsformen zwischen den beiden Grundformen. Die Südsee ist ein zirkumpolares Meer, kaum unterbrochen von Kontinenten, und hier kann daher die Zirkulation zum Teile durch zirkumpolare Spiralströmungen vor sich gehen. In dem Atlantischen Ozeane haben wir einen beinahe meridionalen Meerarm, der von dem Antarktischen Meere nach dem Nordpole reicht. Diese meridionale Rinne ist zwar breit, aber zirkumpolare Spiralströmungen werden doch da verhindert, und die Strömungen können nur zum Teile durch die Erdrotation abgelenkt werden. Nur müsse eine direktere Zirkulation und folglich ein lebhafterer Wärmeaustausch durch das Meerwasser zwischen den äquatorialen und nordpolaren Gegenden stattfinden. Sehr beachtenswert ist aber, daß die Unebenheit des Meerbodens auch einen sehr großen Einfluß auf die Zirkulation des Meeres ausübt. In dieser Beziehung ist z. B. der unterseeische Rücken zwischen Schottland, Faröer, Island und Grönland von großer Bedeutung.

Nach dem oben Gesagten sollte man, betont Nansen, erwarten, daß die Gradientkraft oder die Dichtedifferenz des Meerwassers gegenüber der stillstehenden Erde in dem Atlantischen Ozeane unter sonst gleichen Bedingungen ungefähr so viel größer ist, als der von den Strömungen tatsächlich zurückgelegte Weg länger ist, als der direkte Weg zwischen den beiden Gegenden, oder, um es anders auszudrücken, die beobachtete Gradientkraft müßte eine stationäre Geschwindigkeit erzeugen, die ungefähr um so viel kleiner als auf einer stillstehenden Erde ist, als der direkte Weg durch die Ablenkung verlängert wird. Dagegen sei indessen zu berücksichtigen, daß Meerströmungen durch die Erdrotation gegen die unebenen Küsten der Kontinente gedrängt werden, und dadurch der Widerstand vergrößert werde. Von Bedeutung in dieser Beziehung sei auch wahrscheinlich, daß die Geschwindigkeit der Strömung nicht in allen Schichten der Gradientkraft in derselben Schicht proportional ist. Demnach könne die Ablenkung der Ströme durch die Erdrotation nicht in allen Schichten dieselbe sein; durch diese Drehung der Stromrichtung nach der Tiefe zu müsse aber die Reibung

zwischen den bewegten Wasserschichten gesteigert werden, und da so der Widerstand vergrößert werde, müsse die Geschwindigkeit der Strömungen entsprechend vermindert werden.

Nansen gibt zu, daß wenn auch die primäre Ursache der großen Meerzirkulation in Dichteunterschieden des Meerwassers zu suchen sei, doch der Wind jedenfalls auch einen bedeutenden Einfluß auf die Oberflächenströmungen ausübe, und es sei ihm wahrscheinlich, daß die Veränderungen der Meerströmungen von einem zum andern Jahre zum großen Teile durch Veränderungen in den Windverhältnissen erzeugt würden. Die periodische jährliche Veränderlichkeit der Meerströmungen, d. h. die von einer Jahreszeit zur andern, sei nicht nur den Winden, sondern wahrscheinlich in noch höherm Grade den Veränderungen in der Erwärmung und Abkühlung der Meeroberfläche zuzuschreiben. Wenn z. B. der Golfstrom am Ende des Sommers einen beinahe stationären Zustand erreicht hat, so müsse wahrscheinlich die Abkühlung während des Winters, z. B. im nördlichen Atlantischen Ozeane, die Geschwindigkeit wie auch die Breite des Stromes vermindern, denn dadurch wird die Dichtedifferenz zwischen dem Golfstromwasser und dem nördlichen kalten Wasser stark vermindert.

Nansen wendet sich nun zu den durch Verdunstung und Niederschlag entstehenden Strömungen des Meeres. Infolge der Niederschläge werden die oberflächlichen Wasserschichten des Meeres salzärmer, besonders in den höhern Breiten, wo die Verdunstung verhältnismäßig unbedeutend ist. „Wenn die Unterschiede des Salzgehaltes genügend groß sind, kann trotz der Temperaturdifferenzen das Oberflächenwasser in hohen Breiten leichter werden als in niedern, und es wird dann eine Neigung haben, nach den letztern zu strömen. Dies kann von den Winden auf die Dauer nicht verhindert werden. Falls sie in der entgegengesetzten Richtung wirken, können sie nur eine größere Anhäufung des salzarmen Oberflächenwassers oder Änderungen in der Bahn des Stromes hervorrufen. Daher müssen, wo die genannten Bedingungen vorhanden sind, kalte Oberflächenströme entstehen, die Wasser mit verhältnismäßig niedrigem Salzgehalte von höhern und niedern Breiten führen. Widrige Winde können die Geschwindigkeit dieser Ströme vermindern, aber zu gleicher Zeit ihre Tiefe vergrößern, während günstige Winde die Geschwindigkeit vergrößern und die Tiefe vermindern. Ein gutes Beispiel eines solchen Niederschlagsstromes ist der Ostgrönländische Polarstrom, der aus dem Nordpolarbecken kommt. Die Küstenströmungen von leichtem Küstenwasser werden in ähnlicher Weise gebildet. Der baltische Strom aus der Ostsee entsteht auch in dieser Weise.“

Die durch Verdunstung und Niederschlag erzeugte Zirkulation, die die polaren Oberflächenströme bildet, läuft zum Teile in einer Richtung, die derjenigen der großen Wärmezirkulation des Meeres

entgegengesetzt ist. Die letztere besteht in ihren Hauptzügen in einem Transporte von warmem, leichtem Oberflächenwasser von den Wendekreisen gegen die Pole und von kaltem, schwerem Tiefenwasser gegen die Wendekreise. Die Verdunstungs- und Niederschlagszirkulation muß daher für sich als eine eigene Oberflächenzirkulation ausgeschieden werden.

Quellen und Höhlen.

Die Elbequelle. Am 20. September 1904 wurde die bisher noch niemals beobachtete Erscheinung festgestellt, daß die Elbequelle vollkommen versiecht war, und daß der gemauerte Quellenkranz des Elbebrunnens kein Wasser enthielt. Trotzdem nun inzwischen der Kamm des Riesengebirges reichliche Niederschläge verzeichnen konnte, so ist und bleibt die alte Elbequelle verschwunden. Der gemauerte Brunnen, an dessen steinernem Kranze ein schwarzer Rand den gewöhnlichen Wasserstand der Elbequelle anzeigt (etwa 50 *cm*), ist gegenwärtig allerdings mit etwas Wasser etwa 5 *cm* hoch gefüllt. Dieser Wasserinhalt rührt aber, wie der Augenschein klar zeigt, nur von eingeströmtem Regen und nicht von einer aus dem Untergrunde kommenden Quelle her. Während der Zeit der Dürre scheinen die Wasser, die früher dem Elbebrunnen entstiegen und dem Beschauer bei lebhafter Entwicklung von Gasen einen erfreulichen Anblick boten, einen andern Ausweg gesucht zu haben. Jedenfalls kann gegenwärtig — so schreibt man der „Schlesischen Zeitung“ — der steingefaßte Elbebrunnen nur als das Sammelbecken von Niederschlägen, nicht aber als das einer aus dem Erdinnern entspringenden Quelle gelten.[1])

Die Wiesbadener Thermalquellen und deren Radioaktivität hat Dr. Ferd. Henrich (Graz) untersucht. Er hat auf photographischem und elektrometrischem Wege festgestellt, daß Gas, Wasser und Sinter der bedeutendsten Wiesbadener Thermalquellen stark radioaktiv sind. Beim Nachweise auf photographischem Wege wurde zuerst der Schwefelwasserstoff aus dem Gase entfernt, der — freilich in sehr geringer Menge — den Gasen stets beigemischt ist. Die Gase bestehen vorzugsweise aus Kohlensäure, wenig Sauerstoff, Stickstoff, Argon und einem radioaktiven Gas (Emanation). Als die Kohlensäure entfernt war, erwies sich das übrig bleibende Gas als viel bedeutender radioaktiv. Indem das schon von der Kohlensäure befreite Gas über glühendem Magnesiumkalkgemisch hin- und herbewegt wurde, entfernte Verfasser auch die größte Menge Sauerstoff und Stickstoff aus dem Gase. Nun war die Radioaktivität

[1]) Mitteil. d. Geogr. Ges. in Wien 1905. p. 167.

zu solchem Betrage gestiegen, daß eine geringe Menge des Gases ein au' 180 Volt geladenes Elektrometer in vier Minuten völlig entlud, während die gleiche Menge nur von Kohlensäure befreiten Gases vorher in fünfzehn Minuten nur 16.8 Volt zerstreut hatte.

Das von der Kohlensäure befreite Gas zeigte nach vier Tagen nur noch die Hälfte des ursprünglichen Zerstreuungsvermögens. Ein Übergang der Emanation in Helium konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden, doch sind die Versuche darüber noch nicht abgeschlossen.

Die gleiche Emanation wie im Gase befindet sich im Wasser. Die Radioaktivität des letztern wurde dadurch bestimmt, daß man es zwanzig Minuten lang auskochte und die entweichenden Gase am Elektrometer prüfte.

Während Gas und Wasser ihre Radioaktivität relativ rasch verlieren, halten die Sinter sie lange fest. Sinter, welche vor Jahrzehnten aus der Quelle entnommen wurden, zeigten zum Teile noch ein sehr bedeutendes Zerstreuungsvermögen. Es sollen große Mengen von Sinter auf den radioaktiven Bestandteil hin verarbeitet werden.[1])

Die Quellen der böhmischen Bädergruppe in bezug auf ihre Radioaktivität sind von H. Mache und Stefan Meyer untersucht worden.[2]) Es handelt sich um die Quellwasser von Karlsbad, Marienbad, Teplitz-Schönau-Dux und St. Joachimsthal. Folgendes sind die Hauptergebnisse: Aus den quantitativen Zusammenstellungen des Emanationsgehaltes in den Quellen der einzelnen Badeorte erhellt zunächst, daß dieser Gehalt am gleichen Orte von Quelle zu Quelle sehr verschieden sein kann. Die Untersuchung eines Quellenkomplexes auf Radioaktivität kann somit nicht auf einzelne Wässer oder Gase beschränkt werden. So schwanken die gegebenen absoluten Werte des Sättigungsstromes in E. S. E. ($i \times 10^3$) für die Wässer in Karlsbad zwischen 38,4 und 0,99, für Marienbad zwischen 6,78 und 0,66, für Teplitz-Schönau-Dux zwischen 8,73 und 3,13, endlich für Franzensbad zwischen 0,96 und 0,13. In Karlsbad zeigte sich weiter, daß die im Thermalgebiete entspringenden kalten Eisenquellen zum Teile die Thermen an Emanationsgehalt übertreffen, sowie, daß unter den eigentlichen Thermen die kühlern vor den heißen begünstigt erscheinen. In Teplitz-Schönau und Franzensbad ließ sich ein Zusammenhang mit dem geologischen Aufbaue vermuten.

In St. Joachimsthal führt das Grubenwasser große Mengen von Emanation, und zwar ist es um so reicher, in je größerer Tiefe es ausbricht. Das zu unterst entnommene wies den größten Emana-

---

[1]) Sitzbr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien 1904. p. 320.

[2]) Sitzbr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien **115**. Abt. II p. 355.

tionsgehalt auf, der bisher überhaupt im Wasser einer Quelle gefunden wurde ($i \times 10^3 = 185$ E. S. E.).

Das Verhältnis der in gleichem Volumen Quellwasser und -gas enthaltenen Emanation weist in gasarmen Quellen den auch sonst an Wasseremanation gefundenen, mit steigender Temperatur sinkenden Wert auf. Wesentlich höher liegt dieser Wert bei den gasreichen Quellen von Franzensbad, Marienbad und Karlsbad, woraus geschlossen werden kann, daß das Gas seinen Emanationsgehalt dem Wasser entnimmt und in diesen Fällen den Gleichgewichtszustand nicht erreicht.

Die Zerfallsgeschwindigkeit der Quellemanation von den vier untersuchten Badeorten erfolgt exakt nach einem Exponentialgesetze, mit Konstanten, welche sich den für Radiumemanation erhaltenen Werten gut anschließen. Desgleichen zeigt der Gang des Abklingens der induzierten Aktivität vollkommene Analogie mit Radiuminduktion. Auch die induzierte Aktivität, welche durch die Emanation erzeugt wird, die sich aus den vorhandenen aktiven Sedimenten (Barytkristalle aus Karlsbad und aus der Riesenquelle bei Dux) entwickelt, folgt demselben Gesetze. Thor ist hier nicht nachweisbar.“

Aus dem Gesamtverhalten schließen die Verfasser, daß die Natur der Emanationen in den untersuchten Quellen untereinander gleichartig ist und mit der von Radiumemanation identisch sein dürfte.

Die Gasquelle auf Kokskär schildert in den „Mitteilungen aus dem Untersuchungslaboratorium Reval“ Henry von Winkler. Etwa 21 *km* nördlich der estländischen Küste auf 25° 3′ Länge und 59° 41′ Breite befindet sich der Leuchtturm Kokskär, der seinen Namen von der Insel erhalten hat, auf der er steht. Der Name ist schwedischen Ursprunges und bedeutet etwa soviel wie Brodelriff. Was diese kaum ⅓ *qkm* Flächenraum einnehmende Insel in höchstem Grade interessant macht, ist das Vorhandensein eines größern Gasvorrates im Inselmassive, der bei Gelegenheit einiger Brunnenbohrungen mit elementarer Gewalt zutage trat. Es ist hervorzuheben, daß die Insel nur wenig über den Meerspiegel emporragt, und Sturmfluten beträchtliche Teile unter Wasser setzen können. Daher kann es nicht Wunder nehmen, daß Süßwasser auf der Oberfläche und in dem einzigen vorhandenen Flachbrunnen nur in ungenügender Qualität anzutreffen ist. Im November 1902 enthielt das dortige Trinkwasser 230 *mg* Chlor, entsprechend 379,5 *mg* Kochsalz in 1 *l*. Verunreinigungen durch Abgänge des menschlichen Haushaltes waren ausgeschlossen. Zu den besondern Eigentümlichkeiten der Insel gehört es, daß das Brunnenwasser von Insektenlarven nicht frei zu halten ist und zu Zeiten davon wimmelt, für die Inselbewohner, elf an der Zahl, ein wenig appetitlicher Anblick. —

Ein zoologisches Interesse verdient der fast völlige Mangel an Singvögeln, das Überhandnehmen einzelner Repräsentanten der Insektenwelt und die Anpassung letzterer an den höchst dürftigen Pflanzenwuchs. Um der Trinkwasserkalamität ein Ende zu machen, beschloß die russische Regierung, den Versuch zur Erbohrung eines artesischen Brunnens machen zu lassen. Begonnen wurde mit den Arbeiten im Sommer 1902, doch erst nach wiederholten Probebohrungen ließ sich im folgenden Jahre die Tiefe von 112 *m* erreichen. Schon 30 *m* unter der Erdoberfläche machte sich Gas bemerkbar. Wasserführende Schichten sind jedoch bis zuletzt nicht erschlossen worden. Statt dessen entströmte dem 3-zölligen Bohrrohre mit großer Gewalt ein geruchloses und farbloses Gas, das angezündet mit helleuchtender Flamme brannte. Der Gasaustritt wird seit dem Mai 1903 mit anscheinend unverminderter Gewalt beobachtet. Diesbezügliche Druckmessungen stehen noch aus. Im Oktober desselben Jahres entnommene Gasproben ergaben: 79% Methan, 20,8% Wasserstoff im Mittel aus vier voneinander unabhängigen Analysen. Die größten Abweichungen voneinander betrugen 0,8%. Es ist daher als wahrscheinlich anzunehmen, daß kein oder so gut wie kein Stickstoff vorliegt. Gerade die Beantwortung dieser Frage wäre für die Beurteilung der Herkunft des Gases von Wichtigkeit.

Nach an Ort und Stelle ausgeführten Untersuchungen des Geologen A. von Mickwitz[1]) besteht die Insel aus einem Haufwerke archäischer Geschiebe, denen, wenn auch spärlich, solche aus unterkambrischen Sandsteinen beigemengt sind. Bodenproben aus der Tiefe und noch mehr kartographische Aufzeichnungen verschiedener, durch den Mittelpunkt der Insel geführter Profile des Meeresbodens, legen die Überzeugung nahe, daß hier ein typisches Osar (Äs) vorliegt, was auch mit den einschlägigen Theorien über die Bildungsgeschichte der estländischen Küste in vorzüglicher Übereinstimmung steht. Der Meeresboden nördlich und südlich der Insel paßt sich einer Gletscherbettlinie mit einem Winkel von etwa zehn Bogenminuten an. Nach der Hypothese desselben Geologen[2]) hat ein großer Inlandeisgletscher bei seinem Absteigen in den finnischen Meerbusen und bei seinem Vorrücken auf demselben alle tierischen und pflanzlichen Organismen des Meeres, lebende wie tote, samt den weichen unterkambrischen Tonen, die den Meeresboden bildeten, vor sich hergeschoben, an der estländischen Steilküste zusammengekehrt, diese organischen Massen mit dem plastischen Tone verknetet und überdeckt, um schließlich darüberhinweg seinen Weg nach Süden fortzusetzen. Den in die Grundmoräne verkneteten Organismen verdankt das Gas seinen Ursprung. Dem chemischen Befunde

---

[1]) Revalsche Ztg. vom 11./24. März 1904. Sitzungsber. d. estländ. Vereins f. provinzielle Naturkunde vom 9. März 1904.

[2]) Revalsche Ztg. ebendaselbst.

nach wären die Ausgangsmaterialien in der Hauptmasse pflanzlichen Ursprunges gewesen. Nach ungefährer Berechnung, die sicher eher zu wenig als zu viel angibt, sind schon mindestens 60 000 *cbm* Gas verloren gegangen, was die Bedenken nahe legt, daß diese Quelle, trotz scheinbar unverminderter Kraft, ebenso wie die amerikanischen bei Pittsburg in absehbarer Zeit an Ergiebigkeit einbüßen dürfte, falls die Verschwendung anhält. Jedem *km* entspricht ein Verbrennungswert von etwa 15 300 Kal.[1])

Naturgemäß bildet die Beschaffung von Brennmaterial auf der Insel einen wichtigen Faktor, der bei der viermonatigen Isolierung durch Eis eine gewichtige Rolle spielt. Bislang dient Holz zur Beheizung, Petroleum zur Beleuchtung des Leuchtturmes und der anliegenden Wohnhäuser. Mit einer kaum 100 *m* langen Gasrohrleitung wäre beiden Zwecken gedient, und eine Energiequelle von selten bequemer Anwendungsfähigkeit nutzbar gemacht. Obwohl das Gasvorkommen in Lokalblättern und der weit verbreiteten St. Petersburger Zeitung zur Sprache gekommen ist, und auch von wissenschaftlicher Seite mehrfach Versuche gemacht worden sind, das Interesse für diesen Energievorrat zu wecken, haben Mangel an Initiative und erschwerende Umstände durch den Krieg, dazu geführt, daß nichts geschehen ist. Ebenfalls wäre zu wünschen, daß Entstehung und Ursache der Gasansammlung von geologischer Seite ausführlicher dargelegt würden als bisher.[2])

Über die Theorie der artesischen Quellen und einige damit zusammenhängende Erscheinungen verbreitete sich Jentzsch in der Deutschen geologischen Gesellschaft.[3]) Er stellte folgende Thesen auf:

1. Das einfache Prinzip kommunizierender Röhren genügt in manchen Fällen nicht zur Erklärung der artesischen Quellen.

2. Letztere sind nicht aus der Hydrostatik, sondern aus der Hydrodynamik in Verbindung mit Geodynamik und Physik zu erklären.

3. Insbesondere wirken dabei mit Gebirgsdruck, Kapillarität, Beweglichkeit der Sandkörner, osmotischer Druck; säkulare, jährliche oder tägliche Bewegungen der Erdmassen, sowie makro- und mikroseismische Schwingungen.

4. Die seismischen Schwingungen wirken insofern mit, als sie mit Überwindung des Kapillarwiderstandes das Gesteinswasser nach der Richtung des geringsten Widerstandes befördern.

In bezug auf die osmotischen Wirkungen wies er auf die weite Verbreitung von Chloriden und andern Salzen im Grundwasser

---

[1]) Berechnet nach Wolpert, die Heizung p. 13. **4**, aus Theorie und Praxis der Ventilation u. Heizung, 4. Aufl., 1904.

[2]) Chemiker-Ztg. 1905. p. 669.

[3]) Zeitschr. d. Deutschen geolog. Ges. **56**. 2. Heft, Protokoll p. 5.

tieferer Erdschichten hin und zeigt an Beispielen aus dem nordöstlichen Deutschland, daß Chloride durch Diffusion Gesteinsschichten durchwandern können. Er zählt dann eine Anzahl solcher Salzvorkommen aus Ostpreußen, Westpreußen, Posen und Pommern auf, aus denen sich die flächenhafte Verbreitung schwachsalziger Grundwässer in der Kreideformation des deutschen Nordostens ergibt. Vermutlich sind die tiefern Kreideschichten jener Provinzen seit ihrer Ablagerung niemals einer durch relative Hebung bedingten Auslaugung unterworfen gewesen. Neben den Chloriden ist dort merkwürdig das Vorkommen von Natronkarbonat in den Kreidewässern von Königsberg, Pillau und Cranz in Ostpreußen, Elbing und Marienburg in Westpreußen. Da sie aus feldspatfreien, nur Quarz, Glaukonit und Kalkkarbonat enthaltenden Schichten fließen, und keine dem Natronkarbonat äquivalente Menge von Chlorkalzium führen, muß man annehmen, daß die bei zehn und mehr Atmosphären gelöste Kohlensäure den Glaukonit eines Teiles seiner Alkalien beraubt, ihn also allmählich in ein relativ saureres Silikat umwandelt. Da die elektrische Leitfähigkeit jener salzigen Wässer das Vielfache der Leitfähigkeit andern Wassers beträgt, können dieselben den Verlauf der elektrischen Erdströme beeinflussen, worüber nähere Untersuchungen auszuführen sein werden.

Ausbruch eines Schlammvulkanes bei Baku. Am 23. November 1904 hatte der südwestlich von Baku gelegene Schlammvulkan Otman-Basy-Dag einen heftigen Ausbruch. Derselbe ist von einem kundigen Beobachter, dem russischen Bergingenieur D. Golubjatnikow, beschrieben worden, auch hat dieser den Vulkan gleich nach der Eruption bestiegen.[1]) Dem Beobachter wurde durch Arbeiter mitgeteilt, daß sie am 23. November (nach Petersburger Zeit) abends auf benachbarten Höhen ein Feuer gesehen hätten, als ob eine große Fontaine brenne. Genauere Nachforschungen, welche Golubjatnikow anstellte, ergaben, daß es sich um den obengenannten Schlammvulkan handelte. „Nach den Angaben vieler Augenzeugen erfolgte der Ausbruch plötzlich, ohne daß ein Geräusch oder Getöse vorher zu hören war. Die Erleuchtung der Gegend war sehr intensiv. Alle Berge waren bis zur halben Höhe, d. h. ca. 60 Klafter von den Flammen erhellt. — Um 7^h 12^m (nach Petersburger Zeit) erfolgte der erste Ausbruch, der fünf Minuten dauerte und sich — nach einer Pause von einigen Minuten — zweimal wiederholte. Nach der Aussage eines Beamten dauerten die Ausbrüche jedesmal über sieben Minuten, und neben der Feuersäule wurde noch eine andere, weißlich schimmernde Säule ausgeworfen, die wahrscheinlich aus Schlamm bestand. Ein Ausstoßen von Steinen und Wasserdampf wurde nicht beobachtet."

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1905. **7.** p. 411.

Am dritten Tage nach dem Ausbruche bestieg der Berichterstatter den Berg, der 133 Klafter hoch ist und einem abgebrochenen Kegel gleicht. Er verdankt seine Entstehung dem ausgeworfenen Schlamme, und in seine Abhänge sind tiefe, schmale Schluchten eingerissen. Der obere Teil des Berges bildet ein kreisförmiges Plateau von 420 *m* Durchmesser, auf dem der Beobachter ein Jahr früher etwa 50 kleine Kuppen fand, jede 2 bis 6 *m* hoch, die ein leicht entzündliches, nach Naphtha riechendes Gas ausstießen, teils ununterbrochen, teils in Zwischenpausen. Nach dem 23. November zeigte sich das Plateau mit dem unlängst ausgeworfenen Schlamme bedeckt, in welchen Löcher von 20 *cm* bis 2 *m* Durchmesser gerissen waren. Von den frühern Kuppen fand sich keine Spur. Die Beschaffenheit der Oberfläche des Schlammes zeigte, daß sich auf der ganzen Fläche Gase entwickeln, welche große Schlammblasen bilden, nach deren Zerplatzen charakteristische ballonförmige Vertiefungen entstehen. Die Bildung der Gase ging noch jetzt vor sich, und man spürte schon von weitem einen starken Geruch von Kohlenwasserstoffgasen. Im Zentrum des Schlammkraters war Brodeln und Geräusch deutlich zu hören. Der alte Schlamm hatte sich am Rande der Vertiefung so verhärtet, daß man vorsichtig vorschreitend bis zu einer Stelle hinaufsteigen konnte, von der aus deutlich das Geräusch zu hören war. Dieses Getöse war unter der Oberfläche. Aus einer kleinen, etwa 25 *cm* tiefen Öffnung strömten mit Geräusch Gase, deren Temperatur über 50° betrug. Es war leider nicht möglich, das Thermometer tiefer hineinzubringen, um die Wärme im Innern zu messen, denn wenn man den Arm bis zum Ellbogen in die Öffnung brachte, so fühlte man eine so hohe Temperatur, daß sie nicht lange zu ertragen war. Die Gase hatten einen Naphthageruch und brannten beim Anzünden eines Zündholzes unter Explosion. Der ganze Ausbruch vom 10. November hatte den Charakter einer Explosion, bei welcher die Flammen nicht nur aus dem Zentrum des Kraters ausbrachen, welches jetzt mit Schlamm angefüllt ist, sondern auch aus einigen Rissen, welche die Oberfläche des Plateaus spalteten. Die Wirkung der Explosion zeigte sich an den verbrannten Rändern dieser Spalten, sowie an den verbrannten Zweigen der Gewächse, welche auf den ausgeworfenen und umgewendeten Erdklumpen lagen.

Das Lurloch bei Semriach. Von dieser im Jahre 1894 infolge der mehrtägigen Einsperrung einiger Personen vielgenannten Höhle gibt die „Öst. Tour.-Ztg.“ eine Schilderung. Der Name Lurloch ist das bescheidene Schild für ein weitverzweigtes, ausgedehntes Höhlensystem, das an zauberischen Eindrücken hinter den berühmten Karstgrotten kaum zurückstehen dürfte. Zum Besuche dieser Naturmerkwürdigkeit dient meist die Südbahnstation Peggau als Ausgangspunkt, aber auch die von den Stationen Frohnleiten

und Stübing nach der Lurbachschlucht führenden Wege werden dem Touristen mannigfaches Interesse gewähren. Auf den von Peggau ausgehenden Wegen erreicht man das Lurloch in 1¼ bis 2 Stunden. Die Lurbachschlucht, die zum Grotteneingange führt, ist von pittoresker Schönheit. Umbüscht von dunkelgrünen Nadelbäumen, ragen grauweiße Felsen silurischen Kalkes empor und umsäumen einen üppigen Wiesenplan, durch den der muntere Lurbach dahinrauscht. Man gelangt zu dem Grottenwirtshause und steht am Fuße einer gegen 100 *m* hohen Wand vor der Pforte zu jenen Schönheiten, die, in des Berges Schoße verborgen, durch Jahrtausende von keines Menschen Auge gesehen worden waren, bis sie im Jahre 1894 von der Gesellschaft für Höhlenforschung in Steiermark entdeckt wurden, wobei sich Josef Fasching, der zielbewußte Leiter der Forschungen, hohe Verdienste erwarb. Nun sind alle Schwierigkeiten beseitigt, und auf geebneten Wegen durchschreitet der Besucher die düstere Vorhalle, aus der man durch ein eisernes Gittertor in die vom Lurbache durchrauschten Bachhöhlen gelangt. Weite und hohe, mit Azetylen beleuchtete Hallen werden hier durchschritten, die engste Stelle im ersten Schlurfe ist durch Sprengung genügend hoch und weit gemacht. Gleich dahinter sieht man den Ort, an dem die sieben Höhlenforscher im Jahre 1894 9 Tage durch das Hochwasser des Lurbaches von der Außenwelt abgeschlossen waren. Aus den großen Räumen der Oswald- und Fölzmannhöhle gelangt man durch einen künstlich erweiterten, teils fast ganz ausgesprengten Gang in das eigentliche Reich der unterirdischen Wunder, in die unvergleichlichen Lurgrotten, die an Reichtum und Schönheit der Tropfsteinbildungen in ganz Steiermark ihresgleichen nicht finden. Der Brunnellogang, eigentlich eine langgestreckte Kette von Grotten und Hallen, ist einzig in seiner Art. Das größte Wunder des Lurloches ist der Dom, ein Raum von 120 *m* Länge und 63 *m* Breite. In 30 *m* Höhe spannt sich die Wölbung über diese riesige Halle. Dort, wo an den Seiten des Domes dunkelgefärbte Kalkschiefer auftreten, zeigen sich auch die blendendsten Tropfsteinformen. Der Boden dieses Raumes ist mit großen Felsblöcken bedeckt, und im Tartarus, dem tiefsten Punkte des Domes, herrscht eine ergreifende Wildheit. Durch ein in den Fels gesprengtes Tor gelangt man unvermittelt aus der wüsten Wildheit des Tartarus in einen Raum voll feenhafter Pracht und Schönheit. Ein ganz eigenartiges Gebilde erblickt man am Schlusse. Düster öffnet sich der gegen 10 *m* weite Schlund des Tropfsteintrichters, durch welchen die von der Decke herabrieselnden Gewässer ihren Weg in tiefere, noch unerforschte Räume nehmen, um endlich in den Schmelzbach zu gelangen, der oberhalb von Peggau einem weiten Höhlenrachen entströmt. 45 *m* tiefer als der Rand des Trichters liegt die Sohle dieser untern Etage, die den Namen Kaskadenklamm führt, derzeit aber leider noch unzugänglich ist.

DieRéver Höhlen. Es ist bekannt, daß das Biharer Gebirge, d. i. jener waldreiche Gebirgszug, welcher an der Grenze von Ungarn und Siebenbürgen zwischen der Weißen Körös und der schnellen Körös in der Richtung von Süd nach Nord sich hinzieht, in seiner mittlern Partie zwischen Vaskoh und Dezna zufolge der eingelagerten Kalkbildung einen karstähnlichen Charakter besitzt. Man findet Schachte und Dolinen, in Höhlen verschwindende und aus Höhlen wieder hervorbrechende Gewässer, zahlreiche Tropfsteingrotten, kurz, dieser Teil des Biharer Gebirges weist ausgesprochene Karstbildung auf. Zu den bekanntern Höhlen dieses Gebirgsstockes zählt die Grotte von Rév. Rév ist eine Station der königl. ungar. Staatsbahn zwischen Nagy-Varad (Großwardein) und Kolozsvar (Klausenburg), und in der nächsten Nähe dieser Station befindet sich eine Öffnung, durch welche man bisher in die Höhle eingedrungen ist. Nun haben, wie dem „Pester Lloyd" aus Nagy-Varad berichtet wurde, vor kurzem drei Herren, und zwar der reformierte Seelsorger von Rév Johann Veress, Anton Csak und der Aufseher der Höhle, Karl Handl, die andere Mündung derselben ausgeforscht, welche sich auf einem Berggipfel in der Gemarkung der Gemeinde Dissfalu befindet. Der Versuch, von dieser Seite in diese Riesenhöhle einzudringen, war mit großen Schwierigkeiten verbunden, indem man sich mit Seilen durch einen Kamin in die Grotte hinablassen und Mühen nicht scheuen mußte, um in diesem unbekannten Raume vorzudringen. War schon der bisher bekannte Teil der Révergrotte zufolge seiner phantastischen Tropfsteinbildungen sehenswert, so sollen die von den kühnen Forschern entdeckten mächtigen Räume durch die Großartigkeit der Gebilde, durch die Schönheit der Stalaktitenformation geradezu überwältigen, ja selbst die Adelsberger Grotte übertreffen. Der Kamin, durch den die Forscher drangen, mündet in einen so engen Gang, daß derselbe nur kriechend passiert werden konnte. Sie gelangten dann in einen großen Raum, voll von herrlichen Tropfsteinformationen, und schließlich in eine 250 *m* lange und 50 *m* hohe Halle, welche sich mehrfach verzweigt und überall durch einen Tropfsteinvorhang oder petrifizierten Wasserfall abgeschlossen wird. Hinter dieser Halle teilt sich die Höhle wieder in zwei Teile; die untere Partie erwies sich als unpassierbar, während der obere Teil, welcher auf Leitern erreicht wurde, durch seine imposanten, gigantischen Formationen einen einzig schönen Anblick gewährte.[1])

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien **47.** p. 473.



Die Viktoriafälle des Zambesi.

Flüsse.

Die alten Stromtäler Vorpommerns, ihre Entstehung, ursprüngliche Gestalt und hydrographische Entwicklung hat H. Klose studiert.[1]) Seine Arbeit, die er 1902 begann, beruht auf zahlreichen Terrainbegehungen, verbunden mit Handbohrungen und anderweitigen Untersuchungen.

Das allgemeine Relief Vorpommerns ist, entsprechend dessen Zugehörigkeit zu der Vorstufe des baltischen Landrückens, äußerst einförmig. Weite, ebene Flächen wechseln mit solchen flach hügeligen Charakters. Die höchsten Erhebungen erreichen kaum 50 bis 60 *m* üb. d. M. Der Boden besteht meist aus oberdiluvialem Geschiebelehme und jüngern Sanden, welche, auf dem Lehme ruhend, unregelmäßige, aber selten ausgedehntere und zusammenhängende Flächen einnehmen. Nur hier und da ragen durch dieses obere Diluvium Sande, Tone und Geschiebemergel des untern hindurch, und zwar meist im Zusammenhange mit Eisstauchungen, durch welche die normale Lagerung eine Störung erlitt. Ältere Sedimente (Jura, Kreide, Tertiär) erscheinen vereinzelt als kleinere Schollen in geringer Tiefe unter der Glazialdecke, erzeugen aber im einzelnen nirgends auffällige Bodenerhebungen wie etwa auf der Insel Rügen; sie kommen jedoch insofern in Betracht, als sie, in ihrer Verteilung tektonisch bedingt, die Hauptzüge des Reliefs beeinflussen. In die Einförmigkeit der Oberflächengestaltung bringen nur die zahlreichen, die flachwellige Ebene netzförmig durchschneidenden Flußtäler einige Abwechslung, weniger allerdings durch tiefes Eingreifen in das Gelände und steile Gehänge (beides ist nur lokal entwickelt), als vielmehr durch ihre große Zahl, vor allem aber durch ihre stattliche Breite, die zu der Kleinheit der sie heute in trägem Laufe durchziehenden Flüsse in gar keinem Verhältnisse steht, sowie durch ihre ausgeprägt rinnenförmige Gestalt. Diesen Tälern galten die Untersuchungen.

Nach ihren Beziehungen zu der Inlandeisbedeckung unterscheidet Klose Haupt-, Rand- und Quertäler. Die erstern gehen von der weiten Depression aus, die von K. Keilhack als die Niederung des glazialen „Haffstausees" erkannt wurden. Die Quertäler sind zum Teile subglazialer Entstehung, meist als die Durchbruchtäler von höhern zu niedriger gelegenen Randtälern aufzufassen. Von besonderer Wichtigkeit für die genetischen Untersuchungen sind die M o o r e, welche die Täler im Laufe der Zeit erfüllt haben und nun eine fast ununterbrochene Decke bilden. Die Hauptergebnisse der praktischen Untersuchungen über die Stromtäler faßt Verf. kurz in folgenden Punkten zusammen:

1. Die Täler verdanken ihre Entstehung und Ausgestaltung der Wirkung fließenden Wassers. Die Querprofile zeigen daher analogen Verlauf wie bei rezenten Flüssen. An vielen Stellen lassen sich Sandbänke und Inseln erkennen.

2. Der Lauf der heutigen Flüsse ist meist von der Gestalt des ursprünglichen Talbodens unabhängig.

3. Die alte Talsohle besitzt in der Regel nur geringes, zum Teile kein Gefälle.

4. Die alte Talsohle liegt fast durchgehends tiefer als der Spiegel der heutigen Ostsee.

Verf. beschäftigt sich näher mit den einzelnen Phasen in der Entwicklung des Stromsystems bei dem Rückzuge des Eises und findet im allgemeinen die von K. Keilhack gezogenen Schlußfolgerungen bestätigt. Er unterscheidet

---

[1]) IX. Jahresbericht d. Geogr. Gesellschaft zu Greifswald 1905. p. 27.

drei Phasen, deren letzte schließlich die heutigen Odermündungen frei ließ. Von der postglazialen Entwicklung der vorpommerischen Wasserrinnen gibt er folgende Übersicht: „Die Inlandeisdecke hat das Gebiet der deutschen Ostseeküste endgültig verlassen. Da die Oderwasser nach Norden abfließen, wird das Grenztal in der Hauptsache nur von den Flüssen gespeist, die vom baltischen Höhenrücken kommen, so von Datze, Kleinem Landgraben, oberer Tollense, oberer Peene und oberer Recknitz. Die Wasser des untern Peene-, Ibitz- und Trebeltales vereinigen sich ebenfalls mit dem Grenztalstrome. Die Wassermengen sind in der ersten Zeit noch bedeutend, da die Niederschläge auch in größerer Entfernung vom schmelzenden Eise noch beträchtlich bleiben. Bald aber nehmen auch diese und mit ihnen der Wasserreichtum der Täler ab. Der Prozeß der Vertorfung beginnt. Die Sölle und die Seen werden zuerst von Mooren erfüllt, weniger die Täler; denn begünstigt von dem natürlichen Gefälle strömen die Flüsse noch ziemlich lebhaft. Nun tritt die jedenfalls langsam vor sich gehende Senkung des Landes ein. Das Gefälle der Flüsse wird immer geringer, das Wasser beginnt zu stagnieren, und in die tief gelegenen Täler dringt das Meer ein. So im Grenztale, wo bei Ribnitz unter der Moordecke Litorinaschichten beim Bahnbaue gefunden wurden.

In den Flußläufen, die nur infolge von Druckgefälle noch eine Wasserbewegung besitzen, wächst die Vertorfung stetig. Von den Talrändern aus wird die Wasserrinne mehr und mehr eingeengt, bis schließlich ein Flußbett übrig bleibt, das in geradem Verhältnisse zu Wassermenge und Geschwindigkeit steht. Naturgemäß werden die tiefsten Stellen des alten Strombettes am spätesten von der Vertorfung ergriffen, und die größern Flüsse, wie besonders die Peene, folgen noch jetzt mit geringen Abweichungen der Tiefenrinne, während die kleinern Flüsse und Rinnsale unabhängig von der Gestaltung des Talbodens ihr neues Bett wählen. Mitunter fließen sie über den seichtesten Stellen des Moores; mitunter über einer Erhebung der Talsohle, während sich an beiden Seiten tiefere Rinnen befinden.

Bei der meist sehr geringen Höhe der Mooroberfläche über NN. ist es erklärlich, daß die Entwässerung mancher vermoorten Täler nach verschiedenen Seiten erfolgt, daß also gewissermaßen Bifurkationen zustande kommen. Die meisten Randtäler sind hierdurch ausgezeichnet. Typisch ist das Randtal bei Nerdin im W.S.W. von Anklam gelegen. Dort entstehen sogar drei Bäche innerhalb eines kleinen Bezirkes und entwässern dasselbe nach drei Seiten. Von den größern Tälern besitzen Ibitz, oberes Grenztal und Ziese Bifurkationen.

Die Ursachen für die Bifurkationen der kleinern Täler haben wir zum Teile in dem ungleichmäßigen Wachstume der Moordecke, zum Teile in einem antiklinalen Verlaufe der Talsohle zu suchen."

Die von den Flüssen fortgeführten unorganischen Stoffe. In seinen Studien über Fluß- und Quellwässer (Dissertation, Upsala 1904) gibt O. Hofmann-Bang mehrere Berechnungen über die von den Strömen nach dem Meere gebrachten aufgelösten unorganischen Stoffe, wobei er bedauert, daß von den in den Flüssen beförderten Wassermengen keine genaue Kenntnis vorliegt. Es ergaben Analysen für den Klarelf einen Gehalt an feuerfesten Stoffen von 0.257, 0.2066 und 0.185 *g*, also durchschnittlich 0.2162 *g* auf das Liter. Auf einen Kubikkilometer entfallen somit 21 600 Tonnen feuerfeste Stoffe. Nach Hamberg beträgt die jährlich abgeflossene Wassermenge 5.415 *ckm*. Mit dieser Zahl als Grundlage erhält man eine weggeführte Salzmenge von in runder Zahl 117 000 Tonnen im Jahre. Da das Drainierungsgebiet der Klarelf 8500 *qkm* beträgt, wird aus jedem Quadrat-

kilometer dieses Gebietes eine Salzmenge von etwa 10 *t* hauptsächlich durch chemische Verwitterung jährlich fortgeführt. Für die Indalrelf berechnet Hofmann-Bang die Auslaugung gar zu 30 *t* für jeden Quadratkilometer auf das Jahr. Bei einem Vergleiche mit den Zahlen für die Flüsse anderer Länder ergibt sich, daß nur wenige der Wasserläufe an aufgelösten Bestandteilen so arm sind, wie man die schwedischen archäischen Flüsse gefunden hat. So enthält der schottische Fluß Dee 0.596 Teile fester Bestandteile. Der Ottawa, der Nebenfluß des St. Lorenzstromes, enthält 0.57 Teile unorganischer Stoffe; dieser selbst ist viel reicher an aufgelösten Stoffen. Der Amazonenstrom, dessen Drainierungsgebiet nicht nur aus sedimentären Formationen, sondern auch aus großen Urgebirgspartien besteht, enthält auf 10 *l* 0.52 *g* unorganische Stoffe. Für den Rhein gibt man 1.12 bis 2.88 an, für die Weichsel 2, für die Donau 1.25 bis 1.87, für die Dwina 1.87, für die Rhone 1.06 bis 1.84; bei der Loire sind 1.34 ermittelt, für die Themse gelten 2.7 bis 3.9. Beim Nil sind es 1.42 bis 2.31, für den Mississippi 1.5 bis 1.7, alle auf 10 *l*. Im großen und ganzen dürften die meisten europäischen Flüsse, nach den vorhandenen Analysen zu schließen, eine Zusammensetzung aufweisen, welche ungefähr mit der des Rheines übereinstimmt; freilich gibt es auch Ausnahmen, wie den Main bei Offenbach, die Rhone in ihrem obern Laufe usw. Ein Vergleich zwischen den schwedischen archäischen und den ausländischen Flüssen zeigt, daß die erstern verhältnismäßig reich an Kali sind. Der ziemlich hohe Kali- und Natrongehalt der archäischen Flüsse wird größtenteils durch Dekomposition von Alkalifeldspaten entstanden sein, die in den Urgebirgsgebieten häufig vorkommen. Was die Untersuchung der Quellwasser anlangt, so besteht bei ihnen die Hauptmenge der Salze aus Karbonaten, hauptsächlich aus Kalziumkarbonaten.[1])

Die Weichsel schilderte H. Bindemann in der Festschrift, welche Danzig dem zuletzt dort tagenden Geographentage widmete. Von dem Gesamtgebiete der Weichsel (198 510 *qkm*) entfallen 32 457 *qkm*, d. i. rund ein Sechstel, auf Preußen. Für die Wasserführung des Stromes kommen wesentlich nur die Nebenflüsse des Ober- und Mittellaufes in Betracht; besondere Bedeutung besitzt der aus den Karpathen kommende Dunajec, weil dessen Stromgebiet die größten in kürzester Zeit fallenden Niederschläge zukommen. Der erste Frost setzt im Binnenlande meist im Oktober, an der Küste erst Anfang November ein, hört dort Mitte April, hier Ende April bzw. Anfang Mai auf; durchschnittlich kommen jährlich etwa 110 Frost- und 40 bis 50 Eistage vor. Fast die Hälfte des Flußgebietes empfängt jährlich unter 600 *mm* Regen, im Gebirge kommen tägliche Niederschläge von 150 *mm* vor, das Mittel der größten Tagesniederschläge

[1]) Globus 1905. p. 290.

ist dort 50 bis 60 *mm* und sinkt bis zur Küste auf 30 bis 40 *mm.* Das Mündungsgebiet der Weichsel ist großen Änderungen unterworfen, teils weil der russische Teil noch gar nicht reguliert ist, teils weil klimatische Eigentümlichkeiten — das Frühjahr tritt im südlichen Teile des Stromgebietes nicht unerheblich früher auf als im nördlichen — häufige Eisverstopfungen und infolgedessen gewaltige Überschwemmungen und große Durchbrüche herbeiführen, deren letzter im Jahre 1840 erfolgte. Die preußische Weichselregulierung bezweckt vorläufig eine mittlere Breite des ungeteilten Stromes von 375 *m* und eine Tiefe von 1.7 *m* bei mittlerm niedrigen Wasserstande. Die Deiche, welche bei mittlerm Hochwasser das Hinterland schützen, stammen zum Teile schon von dem Deutschen Ritterorden her; bei Hochfluten, namentlich Frühjahrshochfluten, wie sie z. B. im Jahre 1888 erfolgten und einen Schaden von nahezu zwölf Millionen Mark anrichteten, vermögen sie keinen Schutz zu gewähren. Um die Gefahren des Eisganges zu vermindern, wird seit 25 Jahren die Eisdecke der untersten Strecke der Weichsel durch besonders hierfür eingerichtete Dampfer schon im Winter aufgebrochen. Das nächste Ziel ist dabei, die geteilte Weichsel vom Eise zu befreien, um den Eisgang von der Nogat, für die er immer besonders gefährlich ist, abzulenken. Schon mehrfach ist dabei gelungen, die Eisbrecharbeiten bis in die oberste Strecke der preußischen Weichsel durchzuführen. Für den Zeitraum 1851 bis 1890 betrug die mittlere jährliche Abflußmenge 12.54 *cbm*, die mittlere jährliche Niederschlagsmenge 77.66 *cbm*; es kamen also rund drei Viertel des Jahresniederschlages nicht zum Abflusse, während speziell im Sommer sogar nahezu fünf Sechstel des Niederschlages nicht in den Strom gelangten.

Die Hochwasserstände des Nil in der Zeit von 1841 bis 1902. Percival C. Waite hat[1]) die folgende Zusammenstellung der höchsten Wasserstände (in engl. Fuß) des Nils am Pegel zu Roda mitgeteilt:

1841	25.0	1851	25.5	1861	26.2	1871	24.2	1881	25.7	1891	23.5
42	25.2	52	20.8	62	23.2	72	25.2	82	21.5	92	27.5
43	22.0	53	25.5	63	26.6	73	20.7	83	25.7	93	23.4
44	21.6	54	24.8	64	19.6	74	28.6	84	25.2	94	27.1
45	20.8	55	20.3	65	23.1	75	25.5	85	23.4	95	23.8
46	24.8	56	25.5	66	27.4	76	26.7	86	22.6	96	24.9
47	23.3	57	21.3	67	21.2	77	17.7	87	27.5	97	22.5
48	25.0	58	21.0	68	19.3	78	27.5	88	19.0	98	25.4
49	25.3	59	20.8	69	27.6	79	26.4	89	23.5	99	17.5
50	21.2	60	25.2	70	26.1	80	21.8	90	24.8	1900	21.1
	Mittel										
1841—1900		23.75								1901	21.5
										02	18.9

1) Scottish Geogr. Mag. 1904 Sept.

Verminderung der Wassermenge des Niger.[1]) Der Austrocknungsprozeß, der an vielen Stellen Äquatorialafrikas sich bemerkbar macht, greift auch auf den Niger über. Wie Kapitän L. Fourneau, 1903 und 1904 Kommandant der französischen Flottille auf dem untern Niger, im „Bull. du Comité de l'Afrique française“ mitteilt, haben seine Beobachtungen ergeben, daß der Wasserstand im Niger sich ständig senkt. So vermag das Dampfschiff „Nupe“ der englischen Nigerkompagnie heute niemals mehr bis Jebba zu gelangen, das es vor fünfzehn Jahren und weniger leicht erreichte. Aber auch im Mittellaufe nimmt die Wassermenge deutlich ab, worüber die Mitteilungen der Eingeborenen keinen Zweifel lassen. Das Fallen des Wassers wird beunruhigend. So wurden wenigstens noch vor 40 Jahren die Strominseln zwischen Sansan-Haussa und Ansongo zu gewissen Zeiten vom Wasser überflutet, so daß die Bewohner an die Ufer zu fliehen genötigt waren; heute aber haben sie die Überschwemmungen, selbst wenn sie hoch sind, nicht mehr zu fürchten.

Die Viktoriafälle des Sambesi schildert A. J. C. Molyneux.[2]) Nach Ansicht geologischer Sachkenner bestand in einer frühern Periode in dem Innern von Südafrika ein großer See, in welchen der Sambesi und der Limpopo ihr Wasser ergossen. Später durchbrachen diese den Rand des östlichen Gebirges und münden seitdem in den Indischen Ozean. Durch Erosion ist der Limpopo bis heute bereits in ein sehr viel niedrigeres Niveau gelangt als der Sambesi. Doch auch dieser arbeitet ununterbrochen an der Auswaschung seines Felsentales. Eine Folge dessen und des Gebirgsbaues sind die berühmten, von Livingstone entdeckten und benannten Viktoriafälle. Auf dem Rande des Kataraktes liegen mehrere Inseln, durch welche die ganze 5580 engl. Fuß breite Wassermasse in fünf einzelne Güsse zerteilt wird. Nur bei hohem Wasserstande stürzt die Flut in einem zusammenhängenden Gusse in die Tiefe, sonst erscheinen nur mehrere, allerdings immerhin sehr mächtige Fälle. Die Höhe an der linken Seite beträgt 256 Fuß, an der rechten 343 Fuß. Die herabstürzenden Wasser vereinigen sich zu einem furchtbaren Wirbel in einem engen Felsenbette (the Chasm), von wo aus sie durch einen nur 108 Fuß breiten Schlund (Gorge) in ein zickzackförmiges Cañon strömen, das von 400 Fuß hohen Felsenwänden gebildet wird und sich 30 engl. Meilen weit erstreckt. Nach Molyneux hat sich der Sambesi (ebenso wie der Niagara) durch Erosion rückwärts eingeschnitten, bis er schließlich an der Felsenwand anlangte, über die heute seine Wasser hinabstürzen.

---

[1]) Globus 1905. p. 20.

[2]) Geogr. Journal London 1905. **25.** Nr. 1. p. 40.

Die hydrographischen Verhältnisse des Yang-tzi-kiang schilderte A. Kniep.[1])

Die eigentliche Quelle des Yang-tzī ist noch von keinem wissenschaftlichen Forscher gesehen worden, wenngleich Rockhill den Fluß 1892 sehr nahe bei seinem Ursprunge kreuzte. Er trägt dort den Namen Mur-ussu oder, wie Kniep schreibt, Murui-ussu-muren-ulan. Die Quelle liegt in der Nähe von 92° östl. L. v. Gr. und 34° nördl. Br.

Eine Strecke weit, schildert Kniep, bilden die Bajankaragebirge die Wasserscheide zwischen dem Oberlaufe des Yang-tzī-kiang und des Huang-ho. Diese Gebirgsketten zwingen den nach Aufnahme des Nap-tschi-tai-ulan-muren Britschu benannten Fluß zu südöstlicher Richtung, bis er die hinterindischen Gebirgsfalten erreicht; in südlichem Laufe verläßt er auf 98° östl. L. v. Gr. das tibetanische Hochland und tritt in das Gebiet von Chinas 18 Provinzen.

Nachdem er einen schmalen Streifen vom äußersten Westen der Provinz Ssī-tsch'uan abgetrennt hat, gelangt er als Kin-scha-kiang (Goldsandfluß) nahe der Stadt Pön-tsa-la in die Provinz Yün-nan. Auf etwa 27° nördl. Br. wendet er sich anfangs in größern, dann in kleinern Windungen nach NO.; kurz bevor er den Ya-lung, seinen ersten größern Nebenfluß, aufnimmt, berührt er wieder die Grenze von Ssī-tsch'uan und verläßt jetzt nur noch auf kurzen Strecken diese Provinz.

285 *km* unterhalb von Tschung-k'ing-fu, dem Haupthandelsplatze des ganzen westlichen China, bricht der Ta-kiang,[2]) den mit einigen Unterbrechungen die Falten des sinischen Gebirgssystems so lange in nordöstlicher Hauptrichtung zu verharren zwangen, sich gewaltsam nach Osten Bahn.

In seinem Kampfe durch diese hohen Gebirgsfalten erreicht er auf 110° östl. L. v. Gr. das Gebiet der Provinz Hu-peī. Bei I-tsch'ang-fu hat der Strom endlich das gewaltige Werk vollbracht: auf einer Strecke von 300 *km* hat er das sinische Faltensystem durchbrochen. Auf mehr als das Doppelte verbreitert sich nun das Flußbett, und der Yang-tzi-kiang beginnt seinen gewundenen Lauf durch die zentralchinesische Ebene. Die beiden größten seiner nach Süden gerichteten Biegungen endigen im T'ung-ting- und Poyangsee. Bei Tschön-king-fu (Chinkiang), 278 *km* bevor sich der Yang-tzī-kiang in den Ozean ergießt, verbindet der Kaiserkanal die beiden größten Ströme Chinas, den Yang-tzī-kiang und den Huang-ho.

Kniep findet als wahrscheinlichsten Wert für die Stromentwicklung des Yang-tzī rund 5000 *km*, wovon 2700 schiffbar sind. Als Grenze der Schiffbarkeit gilt Ping-schan-hien. Des Yang-tzī-kiang wird schon von Confucius rühmend gedacht, ebenso von Marco Polo, doch haben erst die Jesuitenmissionare im 18. Jahrhunderte ausführliche Mitteilungen über den Stromlauf gemacht. Diese waren natürlich auch noch recht wenig genau, und gründliche Aufnahmen des Mittellaufes wurden erst 1861 von Kapitän Blakiston ausgeführt. Seitdem sind viele wichtige Beiträge zur Kenntnis des Riesenstromes veröffentlicht worden, und Kniep hat dieselben kritisch benutzt, auch selbst 1901 bei einem sechsmonatlichen Aufenthalte Erfahrungen gesammelt. Aus seiner Darstellung entnehmen wir hier nur das rein geographische.

Während der Strom im Oberlaufe, wo er den Namen Ta-kiang führt, auf einer 180 *km* langen Strecke infolge des stark gewundenen Laufes sehr verschieden breit ist und bei niedrigem Wasserstande in den Grenzen von 400 bis 1100 *m* bleibt, beträgt die Flußbreite des untern Stückes bis Wan-hién durchweg rund 1000 *m*. „Von Tschung-k'ing-fu bis Wan-hién findet man überall an den Ufern starke Sedimentablagerungen, vom gröbsten Gerölle bis zum feinsten Sande. Die meisten Steine, die nicht selten bis zu 1 *m* Durch-

---

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 7. p. 1.

[2]) Ta-kiang ist eine der chinesischen Benennungen für den Yang-tzī-kiang, besonders für seinen Mittellauf.

messer haben, lassen schon durch ihre rundlichen Formen erkennen, daß sie sehr weite Strecken zurücklegten, bevor sie zur Ablagerung kamen. Die grobkörnigen Sandmassen zeigen durch die gelbe, graue oder rötliche Färbung ihre Zugehörigkeit zu den meist nicht sehr weit stromauf gelegenen und aus Sandstein bestehenden Ufern an, von denen sie durch Erosion getrennt worden sind, während der sehr feine gelbliche Sand, den man besonders häufig an den konvexen Ufern findet, sicherlich zum größten Teile auch ein Erosionsprodukt ist, das man aber weit oberhalb von Tschung-k'ing-fu zu suchen hat.

Die Hindernisse für die Schiffahrt von Tschung-k'ing-fu über Wan-hién nach I-tsch'ang-fu sind verschiedener Art. Während die Stromschnellen von Wan-hién nach I-tsch'ang-fu bedeutend gefährlicher sind als diejenigen von Tschung-k'ing-fu nach Wan-hién, bieten auf dieser obern Strecke zahlreiche Untiefen und zum Teile aus dem Wasser ragendes Gestein der Schiffahrt nicht unbedeutende Hindernisse.

Etwa 5 *km* unterhalb der Stadt Föng-tu raten mehrere, teils aus dem Wasser ragende, teils von demselben nur wenig bedeckte Massen anstehenden harten Sandsteines den Schiffern, dem linken Flußufer fern zu bleiben.

Wie bei vielen andern weiter stromauf liegenden Stromschnellen, so haben offenbar auch bei dem gefürchteten Hu-t'an (15 *km* vor Wan-hién) Erosionsfurchen von nicht ganz parallelen, d. h. stromabwärts etwas näher zusammentretenden Wänden Geschiebe in sich festgeklemmt, die beinahe mit dem anstehenden Gesteine verwachsen erscheinen.

Nur eine kleine Strecke unterhalb des Hu-t'an empfängt der Ta-kiang von rechts den Peĭ-schui-k'i. Die durch den Hu-t'an hervorgebrachte Strömung ist noch so stark, daß dieser kleine Nebenfluß trotz seines Reichtumes an Sedimenten kein Delta zu bilden vermag, wie man es sonst mehr oder weniger bei den Nebenflüssen des Ta-kiang antrifft. Die Geschiebe und Gerölle des Peĭ-schui-k'i wälzt der Yang-tzĭ-kiang zusammen mit seinen eigenen Massen auf seiner nordöstlich gestreckten Sohle immer weiter stromab, bis eine Biegung seines Laufes nach Norden hemmend entgegenwirkt. Dort an dem konvexen linken Ufer wurden und werden noch diese gewaltigen Geschiebemassen abgelagert und teilweise von den Sanden eingebettet, welche die untere Gegenströmung vom konkaven Ufer, das immer mehr ausgenagt wird, hinüberbringt. Das Aussehen dieser aus großen Steinen bestehenden Geröllmasse, deren Oberfläche eine nahezu wagerechte Ebene bildet, könnte leicht den Gedanken aufkommen lassen, daß hier ein Flößen durch Eisschollen die Hauptarbeit getan hätte. Diese Mutmaßung findet jedoch keinerlei Berechtigung, denn die Provinz Ssĭ-tsch'uan und der westliche Teil von Hu-peĭ haben ein äußerst mildes Klima. Gegen die kalten nördlichen und westlichen Winde durch hohe Gebirgsketten geschützt, bleiben jene Gegenden von Schnee und Eis fast gänzlich verschont. Wenn auch die Kuppen der Ssĭ-tsch'uan-Gebirge reichliche Ablagerungen von Schnee empfangen, so gelangt dieser doch nur in geschmolzenem Zustande in die Yang-tzĭ-Täler.

Auf 30° 49' nördl. Br. wendet sich der Yang-tzĭ-kiang plötzlich nach Osten. Dort liegt an seinem linken Ufer die Stadt Wan, die zusammen mit dem durch einen kleinen Nebenfluß getrennten Orte, Nan-tscheng-kiai, den Haupthandelsplatz zwischen Tschung-k'ing-fu und I-tsch'ang-fu bildet. Das nicht unbedeutende Geröll dieses Zuflusses reicht weit in den Yang-tzĭ-kiang hinein, während die sandigen Sedimente des letztern naturgemäß am konvexen Ufer abgelagert sind.

Das linke, steil abfallende Ufer ist bei Wan-hién stellenweise 10 *m* hoch und besteht dort aus loser Erde.

Von Wanhién an hat das Flußbett einen andern Charakter; nur bei niedrigstem Wasserstande und auch dann nur an wenigen Stellen sieht man vom Ufer getrenntes anstehendes Gestein. Die Breite des Flusses ist infolge der ungleichmäßig an den Ufern abgelagerten Sedimente bald größer, bald kleiner, bis die Pé-yang-hia mit ihren niedrigen, steil abfallenden Sandstein-

wänden den Ta-kiang auf 250 *m* einengt. Die Wassertiefe, die von Wan-hién bis oberhalb des Hu-t'an nur 7 bis 29 *m* betrug, ist hier in dem engen Durchbruche fast durchweg mehr als 30 *m*. Etwa in der Mitte dieser Schlucht zeigte das Lot sogar 42 *m* an. Nach Verlassen der Pé-yang-Schlucht erweitert der Fluß sich wieder, doch ganz allmählich verengen gewaltige Ablagerungen von Sand und kleinkörnigem Gerölle von neuem das Strombett.

Auf 108° östl. L. v. Gr. versperren an der rechten Seite niedrige, SW./NO. streichende Kämme von hartem Sandsteine den Lauf des Flusses und bilden hier eine der am meisten gefürchteten Stromschnellen, den Sin-lung-t'an; das nachrutschende linke Ufer, das aus größtenteils verwittertem Sandsteine besteht, engt den Fluß noch mehr ein. Der am 30. September 1896 am linken Ufer des Ta-kiang erfolgte große Landrutsch hat den ohnedies schwer zu passierenden Sin-lung-t'an noch gefährlicher gemacht. Durch die im Jahre 1898 von den Ingenieuren Tyler und Donald unternommenen Sprengungen wurde diese Stelle des Yang-tzï-kiang bei niedrigem Wasserstande wieder schiffbar, indes sind die Hindernisse bei weitem nicht genügend beseitigt, so daß der Sin-lung-t'an immer noch zu den gefährlichsten Stromschnellen des Ta-kiang zählt.

In fast geradem, nach Osten gerichtetem Laufe legt der Yang-tzï-kiang die 80 *km* messende Strecke von Sin-lung-t'an bis zur Stadt K'ui-tschóu-fu zurück. Auf dem ganzen Wege finden sich massenhafte Sandablagerungen an beiden Ufern, die hier durchschnittlich 500 *m* voneinander abstehen. Geröll sieht man dort nur ganz vereinzelt und auch dann nur in kleinen Mengen. Schluchtenartige Durchbrüche gibt es zwischen dem Sin-lung-t'an und K'uitschóu-fu nur zwei. Derjenige beim Ir-lung-t'an ist nicht ganz 1 *km* lang und 350 *m* breit; der andere mißt $^1/_3$ *km* in Länge und hat seine Mitte auf 108° 56′ östl. L. v. Gr. Als Stromengen können diese beiden Strecken jedoch nur im Sommer gelten, da im Winter, also bei niedrigem Wasserstande, die Ufer ober- und unterhalb dieser Schluchten dieselbe Strombreite wie sie selbst haben. Trotzdem der Ta-kiang auf dieser 80 *km* langen Strecke fast in gerader Linie fließt, ist die Wassertiefe sehr verschieden.

Fünf Stromschnellen zählt man von Wan-hién bis nach K'ui-tschóu-fu; doch nehmen dieselben nicht die Breite des ganzen Flusses ein. Stromauf fahrende Dampfer würden diese Stromschnellen ebenso leicht vermeiden können, wie es gegenwärtig die talwärts steuernden Dschunken tun.

Auf 109° 28′ östl. L. v. Gr. ergießt sich in den Yang-tzï-kiang von Norden her ein in den Sommermonaten von kleinern Dschunken befahrener Nebenfluß, der Jang-k'i; derselbe zwingt den Hauptstrom durch die in sein Bett gewälzten, ungeheuern Geröllmassen zu einer leichten Krümmung, welche ihre Öffnung nach Norden hat.

An der Mündung des Jang-k'i liegt K'ui-tschóu-fu. Von dieser Stadt, kaum 4 *km* entfernt, beginnt das eigentliche Gebiet der Stromengen und Stromschnellen des Yang-tzï-kiang und erreicht erst kurz vor I-tsch'ang-fu sein Ende.

Die Stromengen, im Aussehen den norwegischen Fjorden nicht unähnlich, bieten mit ihren steilabfallenden Ufern und durchweg tiefem Fahrwasser der Schiffahrt kein Hindernis; jedoch wird in einigen die Auffahrt der Dschunken bei hohem Wasserstande durch die stärkere Strömung erschwert.

Die kurze Strecke von K'ui-tschóu-fu bis zur ersten Stromenge Fungsiang ist verhältnismäßig flach und bei niedrigem Wasserstande nur 350 *m* breit; beide Erscheinungen sind der Ablagerung von Geschieben aus dem Jan-k'i zuzuschreiben. Kurz vor Eintritt in die Fung-siang-hia erweitert sich der Yang-tzï-kiang und bildet an seiner linken Seite eine Bucht; dann verengt er sich zu der nur 400 *m* breiten und 7 *km* langen Schlucht.

Zwischen Wu-schan-hién und Pa-tung-hién, einer Strecke von 60 *km*, bildet der Yang-tzï-kiang die unter dem Sammelnamen Wu-schan-Schluchten am meisten bekannten Stromengen, deren Breite zwischen 300 und 400 *m*

schwankt. Diese Stromengen sind mehrfach von flachern Ufern unterbrochen. Deshalb haben die einzelnen Teile der Wu-schan-Schluchten von den Dschunkenleuten besondere Namen erhalten. Auf dieser Strecke der aneinandergereihten Stromengen befinden sich (mit Ausnahme einer Vertiefung von 86 *m*) die größten Tiefen des ganzen bekannten Yang-tzĭ-kiang; sie schwanken zwischen 30 und 58 *m*.

In der Mitte der Wu-schan-Schluchten liegt die Grenze zwischen den Provinzen Ssĭ-tsch'uan und Hu-peĭ. Unweit von Pu-tai-k'óu auf 110° 3' östl. L. v. Gr. befindet sich der Grenzstein.

Innerhalb dieses Gebietes der Wu-schan-Schluchten bereiten vier Stromschnellen, der Tiau-schĭ-t'an, Ta-ma-t'an, Siau-ma-t'an und Kin-pién-t'an dem Stromaufwärtsziehen der Dschunken erhebliche Schwierigkeiten.

8 *km* östlich von Pa-tung-hién stürzen sich vom Norden her unter einem Winkel von 90° zueinander zwei Gießbäche mit sehr starkem Gefälle in den Yang-tzĭ-kiang und bringen in der Regenzeit gewaltige Geröll- und Geschiebemassen in den Hauptstrom. Steine von 1 *cbm* Größe sind nicht selten anzutreffen. Das Geröll bleibt infolge des nicht genügenden Yang-tzĭ-kiang-Gefälles unweit der Mündung der beiden Bäche liegen und bildet hier den Niu-k'óu-t'an, eine sehr gefährliche Stromschnelle.

Es folgt nun bis zum Yé-t'an ein Teil des Yang-tzĭ-kiang, der nur unbedeutende Stromschnellen aufweist. Die Tiefen schwanken auch hier beträchtlich. 4½ *km* unterhalb vom Schĭ-mön befindet sich der Yé-t'an, im Winter die gefährlichste aller Stromschnellen des Yang-tzĭ-kiang. Auch hier bildet ein starker, von Norden her kommender Gießbach mit seinem Gerölle die Einengung des Ta-kiang. Die Weiterbeförderung dieser Geschiebe wird zum großen Teile durch einen zweiten, von SO. im stumpfen Winkel in den Hauptstrom sich ergießenden Sturzbach, den Scha-tschön-k'i, verhindert. In den Wintermonaten ist der Yang-tzĭ-kiang beim Yé-t'an bis auf 250 *m* eingeengt, doch ist er gerade dann in Anbetracht dessen, daß der Fluß hier keine Biegungen macht, also keine großen Anforderungen an die Steuerungsfähigkeit der durchfahrenden Schiffe stellt, leichter zu passieren als bei hohem Wasserstande und doppelter Breite.

Auf 110° 41' östl. L. v. Gr. empfängt der Yang-tzĭ-kiang von Süden her den Yau-wan-k'i, einen ziemlich starken Nebenfluß, der durch das von ihm und dem Ta-kiang im Mündungsdelta angehäufte Gerölle bei niedrigem Wasserstande nur schwer seinen Lauf findet. Dieses weit in das Bett des Yang-tzĭ-kiang hinausgeschobene Geröll engt den Fluß wieder auf 300 *m* ein. Einen starken Gegensatz zum Yau-wan-k'i bildet der 30 *m* breite Hiang-k'i, der sich dem Yau-wan-k'i gegenüber in den Yang-tzĭ-kiang ergießt und infolge des steilen Ufers kein Mündungsdelta hat. Beim Hian-k'i beginnt die Mi-ts'ang-Schlucht, die in ihren einzelnen Teilen Pan-kién-hia, Ping-schuh-hia und Pai-kóu-hia genannt wird.

Das rechte Ufer des Ta-kiang bleibt noch eine Strecke weit hoch und abschüssig; am Fuße der Abhänge sieht man Geröll und Sandablagerungen. Das linksseitige Ufer ist weniger steil. Ein Landrutsch, der nach den Annalen von I-tsch'ang-fu im Jahre 1552 nach 50 Tage langem Regen erfolgte, hat die Abflachung hervorgebracht und gleichzeitig drei Stromschnellen, die alle unter dem Namen Sin-t'an bekannt sind, geschaffen. Nach Passieren derselben fließt der Yang-tzĭ-kiang in einer Breite von 600, später 500 *m* bis 30° 54' nördl. Br. Dort macht er eine scharfe Biegung nach Osten und gelangt in die Niu-kan-ma-feĭ-Schlucht, deren östliches Ende nach Kung-ling-hia, nach der benachbarten Stromschnelle, genannt wird. Letztere ist bei niedrigem Wasserstande sehr schwer passierbar, weil sich an mehrern Stellen auf der Flußsohle Erhöhungen von anstehendem Gesteine befinden, die fast bis zur Oberfläche des Wassers hervorragen.

Auf der nun folgenden Strecke empfängt der Yang-tzĭ-kiang von beiden Seiten aus tief eingeschnittenen Betten eine Menge kleiner Zuflüsse, die in der

trockenen Jahreszeit dem Hauptstrome nur wenig Wasser zuführen; in den Monaten Mai bis September dagegen sind sie reißende Sturzbäche. Die Ufer des Yang-tzï-kiang sprechen deutlich von der Tätigkeit dieser Nebenflüsse; in einer Breite bis zu 200 *m* sieht man an beiden Seiten des Hauptflusses feinern und gröbern Sand abgelagert, in dem an vielen Stellen kleinere und größere Mengen von Geröll gebettet sind.

Auf 110° 54′ östl. L. v. Gr. im Ta-tung-tian stößt der Yang-tzï-kiang auf Granit. Die Wassertiefe beträgt dort nur 16 *m*. Der quer durch den Fluß liegende Granitgürtel ist an zwei Stellen vom Yang-tzï-kiang durchbrochen, so daß in der Mitte des Flusses Felsmassen zurückgeblieben sind, welche die Schiffahrt hindern; gegen diese Inseln hat sich eine beträchtliche Menge von Geschieben gestaut. Von den beiden Durchfahrten ist bei niedrigem Wasserstande die eine 90 *m*, die andere nur 70 *m* breit.

In einer lang ausgezogenen S-förmigen Windung legt der Yang-tzï-kiang die nächsten 30 *km* zurück. Von 111° 0′ bis 111° 7′ östl. L. v. Gr. begleitet ihn in beträchtlichem Abstande von seinem rechten Ufer die Huang-hiu-hia.

Teils anstehendes Gestein, teils vereinzelte lose Felsblöcke reichen von den zerklüfteten Ufern an vielen Stellen in das Flußbett des Yang-tzï-kiang hinein; sie sind jedoch nur wenige Meter hoch, so daß bei steigendem Wasser die Ufer gerade verlaufen. Zu beiden Seiten hat der Yang-tzï-kiang auf dieser Strecke seinen eigenen mitgeführten Sand, sowie den der vielen kleinen Zuflüsse in ausgedehnter Breite abgelagert. Auch Anhäufungen von Geröll, besonders an der Mündung der Bäche, sind vorhanden, doch bei weitem nicht in jenen großen Mengen, wie man sie höher stromauf antrifft.

Etwas unterhalb vom Dorfe Nan-t'o wendet sich der Yang-tzï-kiang südwärts; seine Ufer bestehen hier in der Schan-tzï-hia, sowie in den folgenden Schluchten aus grau bis gelblich gefärbtem Kalksteine, in dem die Erosion Höhlen verschiedener Form und Tiefe zustande gebracht hat. Nur einen einzigen kleinen Nebenfluß, den Lung-töng-k'i, empfängt der Ta-kiang auf der nach Süden gerichteten Strecke. Bei Schï-pai macht derselbe fast einen rechten Winkel und bricht in ostsüdöstlicher Richtung durch die I-tsch'ang-hia, die letzte der viel beschriebenen Schluchten, die bei Nan-tsin-koan endigen. Auf das Doppelte seiner bisherigen Breite erweitert sich jetzt der Yang-tzï-kiang und beginnt nach Passieren von I-tsch'ang-fu seinen Lauf durch die große Ebene.

Nach Blakistons Annahme führt der Strom bei I-schang-fu im Jahresdurchschnitte pro Sekunde 14 200 *cbm* Wasser vorüber, eine Angabe, die nach Kniep weder bewiesen, noch widerlegt ist.

Seen und Moore.

Die Wärmeaufspeicherung in den Binnenseen. Prof. Forel ist vor einigen Jahren zu dem Schlusse gekommen,[1]) daß die nordischen Seen im Laufe des Jahres ein verhältnismäßig viel größeres Wärmequantum aufspeichern als die mitteleuropäischen, obwohl doch sonst die Wirkung der Sonnenstrahlen von dem Winkel abhängt, unter dem sie einfallen, und folglich mit der geographischen Breite eines Ortes abnehmen müßte. Die größere Wärmeaufspeicherung muß also in andern Faktoren begründet sein. Forel kennt sie nicht, und Woeikoff fand gleichfalls das Faktum sehr sonderbar und sucht

[1]) Arch. des Scienc., Phys. et Nat. IV. **12.** 1901 Juli.

nach Gründen zu seiner Erklärung, zugleich drückt er aber Zweifel an der Richtigkeit der Forelschen Rechnungen aus, aus denen erst jenes merkwürdige Resultat fließt.

Prof. Dr. W. Halbfaß liefert nunmehr[1]) den Nachweis, daß die Schlußfolgerungen Forels unrichtig sind, indem die von diesem festgestellten Tatsachen sich auf ganz andere Weise einfach erklären lassen. Aus einer von Prof. Halbfaß berechneten Tabelle geht deutlich hervor, daß die Forelsche Annahme, die Änderungen nähmen mit der geographischen Breite zu, in ihrer Allgemeinheit durchaus falsch ist, sofern man nämlich Seen mit annähernd gleichen morphometrischen Verhältnissen, also z. B. gleicher mittlerer Tiefe, einander gegenüberstellt. Die geringsten Änderungen weisen nämlich der Comer See und der Mjösensee auf, die vierzehn Breitengrade auseinanderliegen, aber beide ungefähr die gleiche, große mittlere Tiefe von rund 200 *m* besitzen. Unbedeutend sind ferner die durchschnittlichen Tagesschwankungen im Lac du Bourget, Thuner See, Genfer See, Ortasee, im Flüeler, Gersauer und Weggiser Becken des Vierwaldstätter Sees, im Bodensee, Attersee und Loch Morar, alles Seen von bedeutender relativer Tiefe. Je geringer dieselbe wird, desto größer werden auch die Schwankungen, gleichgültig, ob der See, wie der Lac d'Annecy, unter dem 45. oder, wie der Vetternsee, unter dem 60. Breitengrade liegt. Vergleicht man daher den letztgenannten See mit dem Comer See oder Genfer See, so besitzen letztere weit kleinere Schwankungen, aber nicht deshalb, weil sie südlicher liegen, sondern weil sie relativ wie auch absolut tiefer sind. Daher ist auch der Betrag im Luzerner Becken erheblich größer als im Weggiser und in diesem wieder größer als im Gersauer Becken des Vierwaldstätter Sees. Ausnahmen von der angedeuteten Regel kommen freilich auch hier vor; der Lac d'Annecy zeigte sowohl 1890/91, wie 1891 größere Schwankungen als der Wörther See, obwohl die mittlern Tiefen dieselben sind, und er ein größeres Volumen besitzt. Mag diese Erscheinung für die Abkühlungsperiode 1890/91 auf die 1½ Monate längere Beobachtungszeit beim Wörther See zurückgeführt werden können, so scheinen doch, da 1891 die Zeiträume bei beiden Seen annähernd die gleichen waren, geographische Ursachen eine Rolle zu spielen, vermutlich die verschiedene Wirkung des Bergschattens. Ähnlich scheinen die Verhältnisse beim Lac de Nantua und dem Schliersee zu liegen. Der größere Betrag der Schwankungen im Gmundener See gegenüber dem absolut wie relativ flachern Atter- und Starnberger See wird sicherlich von seiner stärkern Durchflutung beeinflußt. Der Betrag ungewöhnlich hoher Schwankungen pro Tag hängt zu sehr mit der Länge solcher Schwankungsperioden zusammen, als daß er ohne weiteres bei einzelnen Seen miteinander verglichen werden könnte, aber so viel

[1]) Petermanns Mitteilungen 1905. p. 219.

läßt sich doch auch allgemein aus diesen Zahlen entnehmen, daß sie in nordischen Seen durchaus nicht durchschnittlich höher sind als bei mitteleuropäischen. Einer 43-tägigen durchschnittlichen Schwankung von 0.052° im Vetternsee und einer 53-tägigen von 0.056° im Ladogasee stehen 48-tägige von 0.062° im Lac d'Annecy, 63-tägige von 0.059 im Lac de Nantua, 34-tägige von 0.080° im Wörther See, 49-tägige von 0.041° im Luzerner Becken, 58-tägige von 0.060° im Weißen See (Vogesen) gegenüber, und wenn solche tägliche Änderungen im Genfer und Comer See nicht vorkommen, so gilt das gleiche auch vom Loch Morar und vom Mjösensee. Das von Forel aufgestellte klimatologische Gesetz scheint auf Grund des beigebrachten erdrückenden Beweismateriales gegen dasselbe nicht den Tatsachen zu entsprechen.

Der Neusiedler See. Das geologische Studium des Neusiedler Sees ergibt nach Th. v. Czontagh, daß er infolge seines gegenwärtigen niedrigen Wasserstandes immer mehr an Wasseroberfläche verliert und versumpft. Weder im Becken, noch am Ufer sind wesentlichere Quellen vorhanden, das Wasser stammt hauptsächlich von den einmündenden Bächen und den Niederschlägen. Bei einer eventuell vorzunehmenden Trockenlegung der Fläche kämen drei Hauptgruppen in Betracht: eine gute im west- und nordwestlichen Teile des Sees, eine weniger gute im südlichen Abschnitte und eine schlechte in den mittlern, tiefstgelegenen, sowie den östlichen und nördlichen Partien des Seebodens. Am zweckmäßigsten wäre es, wenn das wasserenthaltende Becken des Neusiedler Sees ganz auf die östliche Seite gedrängt würde bei möglichster Umgehung der tiefsten Stellen, der Rest aber trocken gelegt würde. Auf diese Weise würden einesteils weite Flächen für die Kultur gewonnen werden, anderseits der noch immer ansehnliche, für die wirtschaftlichen Verhältnisse wenig oder gar nicht geeignete Teil von einer höhern Wassersäule bedeckt gehalten werden können, als es jetzt mit dem gesamten Seegrunde der Fall ist. Das Seewasser würde nicht nur zu einer sehr rentablen Fischzucht, zu Badezwecken und eventuell zur Bewässerung der trocken gelegten Teile verwertbar, es würde auch seinen bisherigen wohltätigen Einfluß auf die klimatischen Verhältnisse beibehalten.[1])

Alter und Entstehung des Würmsees. Nach Prof. Penck fällt die Entstehung dieses Seebeckens in die Zeit der letzten Vergletscherung, und es kann also nur durch das fließende Eis geschaffen worden sein. Dieser Auffassung tritt Prof. W. Ule auf Grund neuer eigener Untersuchungen an Ort und Stelle entgegen.[2]) Er kommt

---

[1]) Globus 1904. 88. Nr. 2. p. 34.

[2]) Zeitschrift der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1904. Nr. 9. p. 561 f.

zu dem Ergebnisse, daß im Gebiete des Würmsees bereits vor dem Heranrücken des Gletschers der jüngsten Eiszeit (Würmeiszeit nach Penck) ein See bestanden hat. „Die Entstehung des Beckens fällt also in die Zeit nach Ablagerung des Deckenschotters und vor Eintritt der letzten Vergletscherung. Wir müssen annehmen, daß hier ein Tal schon vor der ältern großen Vergletscherung (der Rißeiszeit nach Penck) vorhanden war und somit bereits für den Gletscher der äußern Moränen der Weg gewiesen war. Er bewegte sich in demselben Bette wie sein Nachfolger, was aus dem parallelen Verlaufe der innern und äußern Moränen hervorzugehen scheint, worauf wir auch bereits in unserer Arbeit über den Würmsee hingewiesen haben.[1]) Dieses Tal dämmte dann der Gletscher der ältern Eiszeit ab, so daß nach seinem Rückzuge sich in seinem verlassenen Bette ein See aufstauen mußte, dessen Spiegel um fast 10 *m* höher lag als der gegenwärtige Wasserspiegel. In den See baute dann einer der zahlreichen Flüsse, die dem letzten Gletscher vorangingen, das Delta von Seeshaupt hinein, und in ihn ergoß sich schließlich der Gletscher selbst. Beide Gletscher vermochten aber nicht, die Form des alten Flußtales ganz wieder zu verwischen.

Diese Art der Entstehung des Würmsees erklärt auch ungezwungen das Fehlen zusammenhängender Ablagerungen von Niederterrassenschotter im Bereiche des Beckens. Zur Ablagerung von solchem konnte es erst kommen, nachdem das ganze Becken durch den Gletscher ausgefüllt war. Die tatsächlich vorhandenen Lager von Niederterrassenschotter dürften somit mehr lokale Bildungen sein. Da die Gletscherzungen in den Talbecken sicher einen raschen Vorstoß nahmen, so bewegten sich zu gleicher Zeit auf den zwischenliegenden Landflächen noch viele fließende Gewässer, die überall in den Senken Schotter ablagerten.

Da die Bildung des Seetales sofort nach Ablagerung des Deckenschotters begann, so wird auch die große Tiefe des Sees durchaus verständlich. Nachdem das fließende Wasser den Deckenschotter durchschnitten hatte, arbeitete es in dem weichen Tertiär, in dem nun eine schmale Furche bis zu dem Niveau von 460 *m* bei natürlichem Gefälle wohl zu schaffen möglich war, da damals auch in dem Gebiete außerhalb der äußern Moränen die Flüsse noch tiefer eingeschnitten waren als heute. Wir haben im Würmsee und auch im Ammersee den Rest eines interglazialen Talsystems vor uns, wie es vor der ältern großen Eiszeit im wesentlichen schon bestanden hat. Der Ausgang des Würmseetales lag aber wahrscheinlich an einer andern Stelle als gegenwärtig. Denn die Würm durchschneidet bei Mühltal den Hochterrassenschotter und greift auch noch in das Tertiär ein. Die Talsohle der interglazialen Würm muß jedoch etwa 120 *m* tiefer liegen, also in dieser Mächtigkeit von dem Materiale

[1]) Der Würmsee usw. p. 89.

der äußern Moräne, des Niederterrassenschotters und der innern Moräne überlagert sein.

Durch das höhere Alter des Würmsees findet weiter auch die auffallende Erscheinung, daß die heutigen Flußtäler vielfach von ihrem ursprünglichen Laufe abgelenkt sind, eine einfache Erklärung. Schon Gümbel sprach die Ansicht aus, daß irgend ein Vorgang die Ausfüllung der Seebecken nach ihrer Bildung verhütet haben müsse. Dieser Vorgang war die Ablagerung von Schotter in der Form eines Deltas in die nach der zweiten Eiszeit bereits vorhandenen Seebecken. Die folgenden Gletscher überschritten dann diese Ablagerungen, senkten sich in die Wannen ein und wuchsen hier zu großer Mächtigkeit an. Sie füllten demnach die alten Talwege vollkommen aus, so daß das fließende Wasser sich neue Wege nach dem Vorlande bahnen mußte. Sehr wahrscheinlich war das Seetal auch noch vom Gletscher eingenommen, als weite Gebiete oberhalb des Sees schon eisfrei waren, wodurch ebenfalls eine Veränderung im Systeme der fließenden Gewässer nach Rückgang des Gletschers bedingt wurde.

Die Entstehung des Sees hat sich somit nach Ules Ansicht in folgender Weise vollzogen:

„Nach Ablagerung der Nagelfluhdecke, des fluvioglazialen Gebildes einer ältern Eiszeit, setzte eine lebhafte Wassererosion ein, durch welche das Tal des heutigen Sees bereits geschaffen wurde. In dieses Tal ergoß sich der Gletscher der großen oder alten Eiszeit (Rißeiszeit), dämmte es mit seinen Schottern ab und hinterließ die große Hohlform, die sich nun mit Wasser anfüllte bis zu einem Niveau, das um 10 *m* höher lag als der jetzige Wasserspiegel. In diesen See ergoß sich eines der Gewässer, die der jüngsten Eiszeit (Würmeiszeit) voraufgingen, und baute vor seiner Mündung ein großes Delta auf. Nunmehr rückte der Gletscher dieser Eiszeit selbst heran und strömte in die vorhandene wassererfüllte Hohlform hinein, füllte sie vollkommen aus und warf an ihrem Ende neue Moränenwälle auf, die jetzt ihr einstiges Bett umrahmen, nicht aber die Ursache der Abdämmung des Seetales sind. Zur Zeit der Ausfüllung des Beckens durch das Eis bildeten sich für die fließenden Gewässer neue Täler, durch die auch nach dem Schwinden des Gletschers das Wasser zur vorgelagerten Ebene abfloß, wodurch das Becken vor einer selbst spätern Zuschüttung bewahrt geblieben ist."

Der Öschinensee im Berner Oberlande ist von Dr. M. Groll (1901 und 1902) geophysikalisch untersucht worden.[1]) Zunächst hat der Beobachter eine genaue auf trigonometrischen Aufnahmen beruhende Karte des Seebeckens hergestellt, die als Unterlage für die (700) Auslotungen diente.

---

[1]) 19. Jahresbericht der Berner Geogr. Gesellschaft.

„Bei einer größten Länge von 1700 *m* und einer größten Breite von 950 *m* ist der Öschinensee mit 56.6 *m* Maximaltiefe tiefer als die meisten ausgeloteten Hochgebirgsseen. Sein Becken ist ebenso einfach gestaltet wie seine Umrisse. Wenn nicht das Berglibachdelta und die zwei Deltas im Südosten vorhanden wären, so hätte man nur eine ungegliederte, längliche, in der Talrichtung gestreckte Mulde vor sich. Durch die weit in den See vorgeschobenen Ablagerungen der Gletscherbäche ist das einstmals einförmige Becken umgestaltet worden. Die feinsten Schlammpartikelchen, die das Seewasser schmutzig färben, füllten zugleich seinen Boden auf."

„Der größte Teil des Seebeckens (mehr als ein Drittel) entfällt auf die Seesohle. Dieselbe ist in allen reifern Seen vorhanden, welche Zuflüsse aufnehmen. Es ist immer eine Ebene, die keine dem Auge sichtbaren Niveauunterschiede aufweist. Sie ist das Resultat der Ablagerung des feinsten Schlammes der Flüsse, sowie der hinabgesunkenen abgestorbenen Organismen. Nur ganz junge, eben erst gebildete Seen entbehren einer Sohle. Daß der Öschinensee eine ebene Sohle besitzt, beweist, daß er nicht mehr ganz jung ist, sondern bereits den Reifezustand erreicht hat. Die tiefste Stelle der Sohle (56.6 *m*) befindet sich ziemlich genau in der Seemitte, südwestlich der Einmündung des Berglibaches. Zu dieser größten Seetiefe senkt sich der Boden ganz allmählich, etwa von der 50 *m* - Isobathe ab. Man kann das ganze Gebiet als völlig eben betrachten. Die Ränder des Deltas und der große Schuttkegel des Südwestufers rücken immer mehr der Seemitte zu."

Die Seeoberfläche umfaßt nach den Bestimmungen des Verf. bei Normalwasserstand 1.160 *qkm*, das Volumen $40^1/_5$ Millionen *kg*, bei Minimalwasserstand nur $25^1/_4$ Millionen. Die mittlere Tiefe beträgt normal 34.7, bei niedrigstem Wasserstande 29.5 *m*. Die größte Tiefe ist 56.6 *m*, die mittlere 34.6 *m* bei normalem Wasserstande. Was die Entstehungsweise des Sees anbelangt, so ist er offenbar durch eine Schuttmasse, nördlich von Spitzstein stammend, aufgedämmt worden. Der höchste Wasserstand tritt im September ein, und da kein oberirdischer Abfluß existiert, kann die Wassermenge nicht schnell abfließen. Mit der Ausbreitung der Seeoberfläche über das umgebende Gelände werden zwar neue Sickerkanäle eröffnet; diese sind jedoch so klein, daß sie trotz ihrer Vermehrung der zu bewältigenden Abfuhr nicht zu genügen vermögen. Die Wassermengen werden also aufgespeichert, um dann bis zum Frühjahre allmählich unterirdisch abzufließen."

In der warmen Jahreszeit ist der See derartig getrübt, daß sein Wasser fast undurchsichtig ist. Ein Vergleich mit der Tabelle der Wasserstände zeigt, daß dieser Zustand in der Zeit des höchsten Wasserstandes, also des größten Zuflusses, vorherrscht. Mit Eintritt des Herbstes lassen die Zuflüsse, also auch der Schlammgehalt nach. Das Seewasser klärt sich und wird nun überraschend durchsichtig.

Mit der Eisschmelze im Frühlinge tritt sofort wieder eine außerordentliche Trübung ein, welche im Juli ihr Maximum erreicht.

Während der warmen Zeit besitzt der See eine schöne grüne Farbe, die jedoch mit Beginn des Herbstes in ein immer reineres Blau übergeht.

Die Temperaturen der Wasseroberfläche sind, wie die Beobachtungsreihen aus den drei Sommern ergeben, im Sommer ziemlich hoch und einander sehr gleich. Sie erheben sich jedoch wohl kaum jemals über 17°. Scharf setzen während dieser Zeit die höher erwärmten, selten mehr als 3 *m* mächtigen Schichten nach unten in sogenannten Sprungschichten ab. So bezeichnet man bekanntlich nach Richter diejenigen Schichten des Seewassers, die außergewöhnlich rasche Temperaturabnahme, d. h. auf geringen Tiefenunterschieden große Temperaturunterschiede aufweisen. Die Abkühlung im Herbste setzt gleichmäßig an der Oberfläche und in der Tiefe ein, während in den mittlern Schichten noch eine nach der Tiefe fortschreitende Erwärmung zu konstatieren ist. Im Winter verändern sich die Wassertemperaturen unter der geschlossenen Eisdecke fast nicht.

Die Entstehungsweise der Glarner Hochseen behandelt S. Blumer in einer Inauguraldissertation. Sie ist nach dem Verf. eng mit der eiszeitlichen Vergletscherung verknüpft. Die Seen des Sernifitgebirges sind meist karähnliche Hohlformen, die teils Felsbecken sind, teils in glazialen oder fluvioglazialen Aufschüttungen liegen. Die Seen des Kalk- und Schiefergebirges sind Dolinenseen, die ihre Entstehung in erster Linie der chemischen und mechanischen Erosion des durch Spalten abfließenden Wassers, in zweiter Linie der Wirkung einer ehemaligen Gletscher-, bzw. Firneinlagerung verdanken. Die Lage der eiszeitlichen Schneezone kann aus der vertikalen Verbreitung der Karseen, sowie der Kare ohne Seen auf 1300 bis 1500 *m* geschätzt werden, während die maximale Eisstromhöhe des Linthgletschers im Glarner Hinterlande 1400 bis 1500 *m* betrug.

Über die Entstehung der großen Alpenseen verbreitete sich Prof. Penck.[1]) Nach seiner Ansicht bezeichnen sie das Ende der glazialen Talübertiefung, welches nahe mit dem Ende der eiszeitlichen Gletscher, deren Zungenbecken sie ausfüllen, zusammenfiel. Ihre Wannenform gehe im wesentlichen, nicht aber in ihrer gesamten Tiefe auf glaziale Erosion zurück, die notwendig dort eintrat, wo die Gletscher endigten, und große Endmoränenwälle und Schottermassen sich auftürmten. Die Seen sind daher zum Teile auch durch die glaziale und fluvioglaziale Abdämmung entstanden, die im Süden sehr viel bedeutender sich entwickelte als im Norden. Hierauf sei auch der Tiefenunterschied der deutschen Alpenseen, die 100 *m* nur wenig

[1]) Geogr. Zeitschrift **9**. Heft 7.

überschreiten, und der italienischen Alpenseen, die zum Teile 400 *m* überragen, zurückzuführen. Die großen Alpenseen nehmen aber nur Teile der übertieften Talsysteme im Bereiche der glazialen Diffluenz ein, nämlich nur diejenigen Strecken, deren Sohle ein Gegengefälle durch das Nachlassen der Erosion und durch die glaziale Akkumulation erhielt, und sind daher nicht mit allen übertieften Talstrecken verbunden. Das beste Beispiel dafür bietet das Tal der Etsch.

Die wissenschaftliche Untersuchung der schottischen Seen wird von der unter Sir John Murray stehenden Lake Survey fortgesetzt. Über die neuesten Ergebnisse berichtet nach den Veröffentlichungen im Geogr. Journal (1904) Dr. Halbfaß.[1]) Diese Mitteilungen beziehen sich auf die Seen des Morarsystems, Loch Morar, Loch Beovaid und den kleinen Loch Nostarie. Die beiden zuerst genannten sind echte Felsbecken in kristallinischen Moineschichten und liegen in Talschluchten, deren Richtung von dem Streichen der geologischen Schichten ihrer Umgebung ganz unabhängig ist. Loch Morar, dessen Ausfluß einst in der Südwestecke des Sees lag, was sich aus seiner Tiefenkarte deutlich ergibt, ist der tiefste See Schottlands wie Englands überhaupt, in Europa wird er an Tiefe nur noch von acht Seen übertroffen. Fast seine gesamte Wassermenge befindet sich unterhalb der Meeresoberfläche, er bildet also eine sehr deutlich ausgesprochene Kryptodepression. Sein Becken ist nicht ganz einheitlich gestaltet, doch liegt die größte Tiefe ziemlich genau in der Mitte. Die Temperaturuntersuchungen ergaben unter anderm das interessante auch von Halbfaß mehrfach konstatierte Resultat, daß am 28. März 1903 die gesamte Wassermenge von unten bis oben die gleiche Temperatur von 5.5° besaß. Der Planktongehalt von Loch Morar ist entsprechend der großen Durchsichtigkeit des Wassers sehr gering. Bemerkenswert ist das vollkommene Fehlen aller Daphnienarten, die in dem nur eine englische Meile entfernten, mit dem Loch Morar durch einen Strom verbundenen Loch Nostarie sehr reichlich auftreten. Loch Beovaid besteht aus zwei räumlich durch eine Untiefe von nur 18 *m* Wasser getrennten Becken, von denen das westliche eine Tiefe von 42, das östliche eine solche von 48 *m* erreicht. Ferner werden die vorläufigen Ergebnisse der Untersuchungen über den Loch Ness mitgeteilt, dessen größte Tiefe mit 229 *m* zwar hinter derjenigen des Loch Morar zurücksteht, der ihn aber wegen seines größern Areales und seiner bedeutendern mittlern Tiefe (133 *m*) an Volumen um mehr als das Dreifache übertrifft und jedenfalls der volumenreichste aller Seen des Vereinigten Königreichs ist. Eine Tiefenkarte des Sees ist bis jetzt noch nicht herausgegeben. Die Seichesbeobachtungen am Fort Augustus,

[1]) Globus **87**. p. 97.

die im Juni 1903 ihren Anfang nahmen, ergaben eine Uninodalschwingung von 31.5 Minuten, die nur selten rein auftrat, eine sehr viel häufigere und besser ausgeprägte Binodalschwingung von 15.3 und eine weitere Schwingung von nur 8.8 Minuten. Untersuchungen über die elektrische Leitungsfähigkeit der Luft, die sich im Wasser innerhalb eines Gefäßes befand, ergaben, daß dieselbe 75% der Leitungsfähigkeit der Luft im geschlossenen Gefäße außerhalb des Wassers betrug. Das betreffende Gefäß befand sich in einer Tiefe von rund 40 *m* unterhalb der Wasseroberfläche. Beobachtungen über den Einfluß des Windes auf die Wärmeverhältnisse des Loch Ness, die Sir John Murray schon vor mehr als sechzehn Jahren gemacht, jetzt aber in vergrößertem Maße wiederholt hat, zeigen, daß die isochronischen Isothermenflächen keineswegs Ebenen bilden, sondern gekrümmte Flächen mit sehr wechselnden Krümmungswinkeln. Der Einfluß des Windes beschränkt sich keineswegs auf die obern Wassermassen, sondern geht bis in Tiefen von 150 *m* und mehr herab, wo die Isothermenflächen beinahe noch ebenso weit von horizontalen Ebenen abweichen, wie näher der Oberfläche. Um den Verlauf der Wärmekonvektionsströme, welche die Umlagerung ungleich erwärmter Wasserschichten bewirken, genauer zu studieren, wurde am Fort Augustus in einer Tiefe von 60 *m* von Ende Juli bis Mitte November fast ununterbrochen täglich zweimal die Temperatur gemessen. Es ergab sich dabei das überraschende Resultat, daß die Temperatur, deren äußerste Extreme etwa 5° auseinander lagen, regelmäßig innerhalb einer Periode von drei Tagen schwankte, die auch bis in die größten Tiefen hinabreichte, während in den obern Schichten die Regelmäßigkeit durch Konvektionsströmungen gestört war, die die Folge von Windstauungen waren.

Der Obere See in Nordamerika wurde teilweise auf Grund eigener Reisen von Prof. Dr. A. Oppel geschildert.[1]) Nach den neuesten Feststellungen durch das Corps of Engineers des War Department der Vereinigten Staaten bedeckt er eine Fläche von 81 408 *qkm*. Da sein Zuflußgebiet 124 416 *qkm* ausmacht, so umfaßt sein gesamtes Land- und Wassergebiet ein Areal von 205 824 *qkm*. Der nächstgrößte Süßwassersee der Erde ist der Viktoria Njansa im äquatorialen Afrika mit einem Wasserspiegel von 68 480 *qkm*.

Der Obere See hat eine unregelmäßige Gestalt, die namentlich durch mehrere halbinselartige Vorsprünge an der Südseite und durch das Auftreten größerer Inseln an der Nordseite zustande kommt.

Die Südküste verläuft nicht geradlinig, sondern besteht aus drei deutlich wahrnehmbaren Einbuchtungen, die in der Richtung von Westen nach Osten an Umfang beträchtlich zunehmen. Die westliche und verhältnismäßig kleinste Einbuchtung, die in ihrem

[1]) Globus **87**. p. 229.

westlichsten Teile als Fond du Lac bezeichnet zu werden pflegt, wird im Osten durch die Halbinsel Bayfield begrenzt.

Die mittlere Einbuchtung wird im Westen durch die Halbinsel Bayfield mit den Apostelinseln, im Osten durch die Halbinsel Keweenaw abgeschlossen.

Die östliche Einbuchtung der Südküste ist die größte; auch schneidet sie am tiefsten südwärts in das Land ein.

Auf Grund 40-jähriger Messungen (1860 bis 1903) liegt der Spiegel des Oberen Sees im Mittel 183.695 *m* über dem durchschnittlichen Ebbestande in New-York. Ebbe und Flut sind nicht vorhanden, wohl aber Schwankungen des Wasserstandes, die sich nach den jemaligen Zuflußverhältnissen richten und daher von Jahr zu Jahr einen verschiedenen Betrag erreichen. Das sogenannte Standard low water, d. h. der äußerste beobachtete Tiefstand, welcher auch die Grundlage für die neuern Karten bildet, beträgt 183.171 *m*, das Standard high water 184.622 *m*, der Unterschied zwischen beiden also 1.451 *m*.

Im allgemeinen ist der Obere See tief und hat selbst an den Küsten nur wenige seichte Stellen. Solche finden sich an der amerikanischen Seite, welche viel besser untersucht ist als die kanadische, beispielsweise an der Westseite der White Fish Bay und an der Chaquamegon Bay (Ashland). Sonst reicht fast überall genügend tiefes Wasser für die Schiffahrt bis an die Küsten heran. An der amerikanischen Seite ist das Fahrwasser überall bis zu einer Küstenentfernung von 15 bis 20 *km* ausgelotet. Außerdem sind einige Querprofile ausgemessen. Der kanadische Teil ist in beiden Beziehungen noch recht rückständig. Die bisher gefundene größte Tiefe des Sees mit 308.66 *m* liegt ungefähr in der Mitte des östlichen Beckens bei 47° 43′ nördl. Br. und 87° 4′ westl. L. v. Gr. Ferner zeigt sich, daß durch das östliche Becken eine tiefe Rinne geht, die von der Insel Michipicoten aus nach Westen verläuft. Eine beträchtliche Einsenkung begleitet auch den Küstenabschnitt, der sich von Duluth aus in nordöstlicher Richtung erstreckt. Tiefen von 200 und mehr Metern finden sich hier schon in einer Küstenentfernung von 10 *km*. Recht tief, an einigen Stellen bis 270 *m*, ist auch der Kanal, welcher Isle Royale von der Nordküste des Sees bei Thunder Bay trennt. Daß noch tiefere Stellen vorhanden sind als die bisher angetroffenen, erscheint nicht unwahrscheinlich.

Soweit bei den Lotungen Bodenproben erhalten worden sind, hat man meist Ton (clay) zutage gefördert, an manchen Stellen aber auch Sand und Felsen gefunden.

Im allgemeinen ist der Obere See reich an kalten Winden und feuchten Nebeln. Wenn Stürme auftreten, kommen sie vorzugsweise von Nordwest oder Nordost, namentlich im Frühjahre und Herbste. Die Nebel erscheinen hauptsächlich im Sommer. Böen treten besonders nach Gewittern auf.

Während des Winters friert der See längs einer breiten Küstenzone zu. Zufolge vieljährigen Beobachtungen erfolgt durchschnittlich die zusammenhängende Eisbildung zuerst (bei Passage Island, nordöstlich von Isle Royale) am 19. November, das Aufgehen der Eisdecke zuerst am 19. April (in Grand Marais Harbour).

Der Ausfluß des Oberen Sees nach dem Huron erfolgt durch den St. Mary's River; er hat eine Gesamtlänge von 97 *km*. Die Wassermenge, welche der Fluß aus dem Oberen See wegführt, beträgt bei mittlerm Wasserstande 60 000 Kubikfuß in der Sekunde, pro Fuß Steigung des Wasserspiegels aber 15 500 Kubikfuß mehr. Der Huronsee liegt reichlich 6 *m* tiefer als der Obere, und dieser Höhenunterschied wird durch eine Stromschnelle überwunden, die als Sault Ste. Marie bekannt ist und zugleich die Grenze zwischen der Union (Michigan) und Kanada (Ontario) bildet. In ihrer äußern Erscheinung erinnert diese Stromschnelle lebhaft an die eindrucksvollen Rapids des Niagaraflusses oberhalb und zu beiden Seiten von Goate Island. Die Breite des Sault Ste. Marie, der neuerdings durch eine Eisenbahnbrücke überspannt ist, wechselt zwischen 500 und 1000 *m*. Von der Stromschnelle aus verläuft der St. Mary's River ganz ruhig, wird aber durch mehrere Inseln in schmale Kanäle zerlegt, während er sich anderwärts seenartig ausbreitet.

Das Zuflußgebiet des Oberen Sees bedeckt eine Gesamtfläche von 124416 *qkm* und legt sich um ihn als ein Gürtel von ungleicher Breite.

Das Stromgebiet des Nordwest- und Nordufers wird durch einen geradezu fabelhaften Reichtum an Seen der verschiedensten Größe gekennzeichnet, und es gibt nur wenige Zuflüsse, die nicht mit solchen irgendwie zusammenhängen. Auch weicht hier die Wasserscheide durchschnittlich weiter vom Seegestade weg als auf der Süd eite, stellenweise bis auf Entfernungen von 200 *km* in der Luftlinie.

In das Westende des Sees mündet der St. Louis River, der sich aus zahlreichen Seeabflüssen wie Otter, Cedar, Big White Face und Cloquet River bildet und selbst seinen Ursprung in dem Kaginoshensikagsee auf der Mesabi Range nimmt.

Er wird von manchen Geographen als der eigentliche Quellfluß des St. Lorenzstromes angesehen, welcher Auffassung Dr. Oppel sich nicht anschließt. „Wenn der St. Lorenz," sagt er, „eine andere Quelle als den Oberen See haben soll, so kann dies nur der Nipigonsee mit seinem Hauptzuflusse und mit seinem gleichnamigen Abflusse sein. Denn einmal kommt von da aus die größte Wassermenge in den See; ferner hat der Nipigonfluß ein sehr starkes Gefälle, und die Quelle des Haupttributärs des Nipigonsees entfernt sich am weitesten (gegen 200 *km* in gerader Linie) vom Gestade des Oberen Sees. Auch liegt der Nipigonsee in der Hauptachse der Strom-

richtung des St. Lorenz, wie sie dem Zuge der größten Tiefen des Superior entspricht.

Was die Gesamtumrahmung des Oberen Sees betrifft, so zeigt er sich fast überall von mehr oder weniger ansteigenden Landhöhen plateauartiger Gestaltung umgeben, die rund 450 *m* über Meereshöhe haben und den Spiegel des Wassers fast um 300 *m* überragen. Wollte man diese wasserscheidenden Anhöhen vom Grunde des Sees aus messen, so würden Beträge von 600, in einzelnen Fällen von fast 800 *m* herauskommen.

Vor der Besiedlung durch Weiße war das Uferland des Oberen Sees eine ungeheuere Waldwildnis, unterbrochen teils von unzähligen Seen, kataraktenreichen Flüssen und ausgedehnten Sümpfen, teils von kahlen, starren Felsgebilden oder sanft gerundeten und geritzten Steinbuckeln. Die Wälder waren reich an jagdbarem Wilde, namentlich Elen, Hirsch, Bär und Karibu (wildes Rentier), die Gewässer wimmelten von Fischen. Seit dem Beginne der Besiedlung hat sich in diesen Zuständen manches geändert, namentlich sind die früher endlosen Wälder durch Axt und Feuer furchtbar gelichtet worden, denn die erste Ausnutzung dieser Gebiete bestand in dem Abhauen und Zersägen der Waldbäume. Große Brände entstanden teils durch Zufall, teils durch Unachtsamkeit, teils wurden sie mit Absicht angelegt, um die Abholzung zu erleichtern und die Wegsamkeit zu erhöhen. Ausgedehnte zusammenhängende Bestände findet man daher kaum noch, sondern meist nur vereinzelte Parzellen und Haine oder aus wenig gesuchten Holzarten bestehend. Wo aber noch brauchbare Hochwälder vorhanden sind, werden sie im Laufe der nächsten Jahre demselben Schicksale anheimfallen wie die jetzt abgeholzten und durch Feuer verwüsteten Landstriche.

Die Niederungen zwischen den Hügeln und die tafelförmigen Flächen sind nicht selten und auf große Ausdehnung versumpft, sie tragen dann eine dichte Decke aus Moosen und ähnlichen Gewächsen, aus denen hier und da schwächliche Exemplare von Tamarack und Zeder emporragen. Solche moorige Distrikte werden wohl auch als Muskegs (indianisches Wort) bezeichnet. In vielen Fällen scheinen sie dadurch entstanden zu sein, daß größere Wasserflächen teilweise abgeflossen und ausgetrocknet sind, und in manchen von ihnen ist nach der Mitte zu noch gegenwärtig ein ansehnlicher Teich übrig geblieben. In der Umgebung dieses Wasserspiegels wuchert eine dichte Vegetation. Da, wo ein Muskeg an einen wirklichen See stößt, wird er bisweilen bei Hochwasser überschwemmt. Anderseits, wo Muskegs in unmittelbarer Nähe von Wäldern lagen, ist zuweilen das Feuer mit so furchtbarer Gewalt aufgetreten, daß sogar die Sumpfvegetation zerstört und an deren Stelle Graswuchs getreten ist.“

Über den Wasserstand des Tsadsees bemerkt Oberst Jackson[1]) auf Grund eigener Anschauung, das Zusammenschrumpfen des Sees sei zurückzuführen im Osten auf die Versandung durch den hereingewehten Wüstensand, im Süden durch das Sinken des Niveaus wahrscheinlich infolge der Abnahme der Regenmenge, die wieder durch die zunehmende Entwaldung der Ufer erklärt wird. Das Seebett ist im Südwesten so flach, daß ein Sinken der Wasserfläche um wenige Zoll im Areale des Sees sich schon sehr deutlich bemerkbar macht. Jackson meint jedoch, daß das Niveau nicht so rapide sinkt, wie gewöhnlich angenommen wird. Man könne darüber jetzt keine genaue Kenntnis haben, da das Niveau der Verschiedenheit des Regenfalles entsprechend von Jahr zu Jahr variiere. Auf die Aussagen der Eingeborenen sei nicht viel Verlaß. Man erzählte dort von einer elfjährigen Periode der höchsten Wasserstände. Ein alter Mann sagte Jackson, daß vor 40 Jahren das Hochwasser gewöhnlich alljährlich die Mauern der Stadt Seram (Wulgo gegenüber) bespült habe, die heute 2,5 *m* über dem Wasserspiegel liegt, daß es aber seitdem beständig zurückgegangen sei. Jackson hält diese Angaben für übertrieben und verweist darauf, daß das Hochwasser von 1893 im Westen etwa denselben Punkt erreicht habe, wie das von Barth für 1854 erwähnte, nämlich die Stadt Ngornu. Eine interessante Erscheinung ist das zweite Hochwasser, das um die Mitte der Trockenzeit, um Weihnachten, kommt und am höchsten zu sein pflegt. Die Regenzeit in Bornu geht mit dem September zu Ende und Mitte November auch das Hochwasser des Schari, so daß der See zurücktritt. Um Weihnachten aber steigt er wieder, und zwar in der Regel höher als zuvor. Diese Erscheinung ist also nicht auf die Zuflüsse oder den Regen zurückzuführen, sondern auf den starken Nordostwind, und macht sich an dem offenen Westufer weniger deutlich bemerkbar als in der Bucht im Südosten. Diese ist fast ganz mit 2½ bis 3 *m* hohem Grase und Rohr bedeckt, und dort geht das Wasser, das der heftige Nordost vor sich hertreibt, zeitweise über 800 *m* über den flachen Boden und zieht sich zurück, sobald der Wind sich legt. Jackson meint, es sei vielleicht möglich, daß die zweite Flut nur in der südöstlichen Bucht vorkommt, daß der nördliche Rand der Vegetation, die diese Bucht blockiert, dem durch den Wind hervorgerufenen Andrängen des Wassers eine Zeitlang widersteht, und daß, wenn er nachgibt, das Wasser hereinstürzt.

Der Suaisee in Abessinien ist von Hugues le Roux erforscht worden. Er ist ein Natronsee, der bisweilen so große Gasmengen entwickelt, daß die Fische darin sterben; er ist vulkanischen Ursprunges und etwa 80 *km* lang, 20 bis 60 *km* breit und 80 *m* tief. Im südwestlichen Teile tauchen drei größere Inseln, deren schroffe

---

[1]) Geogr. Journal 1905 Juli. Globus 1905. p. 211.

Felsen den vulkanischen Ursprung derselben vermuten lassen, aus dem See empor. Sie tragen eine reiche Tropenvegetation und zahlreiche Baumwollpflanzungen. Die Bevölkerung der Inseln zählt gegenwärtig 4000 bis 5000 Köpfe, während sie früher bis 15000 betragen hat. Sie besteht aus zwei verschiedenen Rassen: den Wato, welche mit ihrem schlanken kräftigen Körperbau den Gestalten der Ägypter gleichen, die auf alten Inschriften abgebildet sind. Sie sind noch Heiden und beten Isis und Osiris an; ihre Vorfahren sollen überlieferungsgemäß zur Zeit Josephs das durch eine Hungersnot heimgesuchte Ägypten verlassen haben und nilaufwärts gewandert sein, um sich hier anzusiedeln; sie sprechen eine eigene Sprache, heiraten nur unter sich und leben von der Jagd. Die andere Rasse stammt aus der Provinz Goura in Tigré, von wo sie im Jahre 340 n. Chr. eingewandert ist; sie hat einen unverkennbar jüdischen Typus, der sich wegen der insularen Lage sehr rein erhalten hat.

Das Laibacher Moor bildet den Gegenstand einer großen Monographie von Dr. Ernst Kramer,[1]) der eine geologische Karte im Maßstabe 1 : 75 000 beigegeben ist. Es scheint nach den Untersuchungen des Verf., daß der größte Teil des Moorgebietes früher See gewesen ist, wenigstens führt die Beschaffenheit der durch Bohrungen bekannt gewordenen tiefern Bodenschichten zu dieser Annahme. Im Gegensatze zu den groben Schottermassen, welche die Saveebene ausfüllen, liegen unter der Moordecke, Tone, Lehme, Kalkschlamm mit Süßwasserschnecken. Die tiefste Bohrung, welche über den Moorgrund Aufschluß gibt, wurde anläßlich des Baues der Südbahn zwischen Notranja gorica und Žalostna gora ausgeführt; sie erreichte 51.5 *m* Tiefe und erschloß unter 2 *m* dicker Torfdecke mehrere Lagen von Tegel mit Torfeinschaltungen und Sand; das Grundgebirge wurde nicht angetroffen. Sehr seicht ist hingegen die jüngere Decke zwischen den einzelnen Inselbergen, was wohl darauf schließen läßt, daß diese die Aufragungen eines wellig erodierten Rückens sind.

Der Torf besteht nach Kramers Untersuchungen in vollständigen Profilen von oben nach unten aus folgenden Lagen:

1. Hellbrauner, leichter Sphagnumtorf in Verbindung mit Torf aus Wollgras (Eriophorum), Carex etc. Diese oberste Partie ist eine Bildung des Hochmoores, welches sich aber nur an manchen Stellen über dem Niederungs- (Wiesen-) moore aufbaute.

2. Dunkelbrauner, schwammiger, häufig als Brennmaterial verwendeter Hypnumtorf. An vielen Stellen kommt hier auch Holztorf von 20 bis 30 *cm* Dicke vor; die Wurzeln breiten sich flach

[1]) Kramer, Das Laibacher Moor, das größte und interessanteste Moor Österreichs in naturwissenschaftlicher, kulturtechnischer und landwirtschaftlicher Beziehung. Laibach 1905.

über der nächsttiefern Schicht aus, was auf eine reichliche Durchtränkung der letztern hindeutet.

3. Stark zersetzter Hypnumtorf (oft auch mit Carex usw. zusammen), in welchem besonders nahe den Rändern des Hochmoores gelegentlich Schilftorf auftritt.

4. Sohlbande, ein Gemenge von Torf und Alluvialboden.

Unter dem Sohlbande ist kalkiger Teichschlamm mit zahlreichen rezenten Arten von Süßwasserschnecken sehr verbreitet. Das Moor nimmt nur einen Teil der Niederung ein und ist von einer mehr oder weniger breiten Zone von Alluvial(Mineral)boden umgeben, welcher auf der Karte ausgeschieden ist. In prähistorischer Zeit waren jedenfalls ziemlich ausgedehnte Seestrecken vorhanden, in deren sumpfigen Uferregionen Pfahlbauten bestanden, wie man sie 1875 in größerer Ausdehnung bei Brunndorf erschloß. Den bekannt reichen Funden aus der Steinzeit und Bronzezeit ist ein längerer Abschnitt gewidmet; auch die historische Vergangenheit, über welche allerdings nur sehr lückenhaftes Material vorliegt, wird kurz besprochen.[1])

Die Torfmoore Irlands. Nach den bisher aufgestellten Schätzungen wird fast der fünfte Teil der ganzen Fläche dieses Gebietes von Torfmooren eingenommen. Der Boden, auf dem die Moore liegen, ist nicht immer von gleicher Beschaffenheit, besteht aber in vielen Fällen aus Sand, der von den eiszeitlichen Gletschern zurückgeblieben ist. Die Dicke des Torfes wechselt von $\frac{1}{3}$ bis 13 *m*. Auf den Hügeln und Abhängen sind die Lager dünner, in den Niederungen stärker, so daß ihre Dicke nicht immer Schlüsse auf das Alter zuläßt. Zuweilen ist es in Irland vorgekommen, daß eine solche Torfmasse am Gehänge eines Berges ins Rutschen geraten ist, wodurch beispielsweise im Jahre 1831 fast ein ganzes Dorf zerstört wurde. In den irischen Torfmooren spielt das Torfmoos (Sphagnum), das für die Entstehung der deutschen Torfmoore so überaus wichtig ist, eine verhältnismäßig nebensächliche Rolle und wird dort vielmehr vertreten durch eine kleine Grasart der Gattung Carex. Außerdem kommen dann noch einige kleine Farne und viele Süßwasseralgen vor. Der Torfboden ist sehr unfruchtbar und erfordert wenigstens zwei Jahre Bearbeitung und Düngung, namentlich mit Kalk, ehe er benutzbar wird. Die Ursache dieser Unfruchtbarkeit ist nicht ganz klar; vermutlich ist sie begründet in dem Fehlen einiger notwendigen Mineralsalze und in der Tatsache, daß die stickstoffhaltigen Bestandteile nicht in einer für die Pflanzenernährung geeigneten Form vorhanden sind. Einige Torfmoore sind in guten Ackerboden verwandelt worden, aber sie fallen sehr schnell in ihren unbrauchbaren Zustand zurück, wenn sie vernachlässigt werden.[2])

---

[1]) Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt 1905. p. 209. Dr. F. Kossmat, woraus oben der Text.

[2]) Umlauft, Dtsch. Rdsch. f. Geographie 1905. p. 233.

Die Moore in ihrem geographischen Zusammenhange behandelte Dr. F. Solger.[1]) Mit Früh[2]) unterscheidet er Höhenmoore und Tiefenmoore, zwischen denen einen gewissen Übergang die Gehängemoore bilden. Dieser Übergangsstellung entsprechend, werden unter den Gehängemooren zwei Gruppen unterschieden, von denen die erste den Höhenmooren, die zweite den Tiefenmooren nähersteht. Solger bezeichnet sie als Regenhangmoore und Quellmoore. Die Regenhangmoore, d. h. Moore, die sich auf der Regenseite eines Berges infolge der dort größern Feuchtigkeit entwickeln, sind gleichsam einseitig ausgebildete Höhenmoore. Unter Quellmooren faßt er alle Moore zusammen, die durch Wasseransammlungen an Gehängen (Quellen usw.) bedingt werden. Ihnen würden daher auch die Terrassenmoore Frühs zuzurechnen sein, bei denen die Unterbrechung des Hanggefälles zur Anstauung von Wasser — gleichviel ob oberirdisch oder unterirdisch — führt.

„Die Höhenmoore sind am stärksten abhängig vom Klima, daneben kommt die Bodengestaltung nur insofern in Betracht, als steile Formen den Abfluß begünstigen und dadurch den Wasservorrat vermindern. So ist die Vermoorung auf relativ flache Bodenformen — Kuppen, Rücken, Plateaus — beschränkt. Zu den Höhenmooren sind die Mehrzahl der Wasserscheidenmoore zu rechnen, ja der Name ist bis zu einem gewissen Grade gleichbedeutend. Da es aber auch vermoorte Talwasserscheiden gibt (z. B. das Rote Luch bei Müncheberg in der Provinz Brandenburg), die ihrem ganzen Auftreten nach zu den Tiefenmooren gerechnet werden müssen, so erscheint der Name Wasserscheidemoore als Hauptgruppenbezeichnung ungeeignet und wird am besten auf solche Fälle beschränkt, in denen die Lage auf der Wasserscheide das Moor besonders charakterisiert. Das ist einerseits bei vielen Plateaumooren der Fall, anderseits bei den Mooren der Alpenpässe, die wir als Paß- oder Sattelmoore den Höhenmooren anschließen wollen; denn die Vermoorung ist hier nicht durch die Tieflage des Sattels gegen die umgebenden Höhen begünstigt, sondern durch das geringe Gefälle gegenüber den Gehängen, das lokal Plateaubedingungen schafft, so z. B. auch beim Brockenmoor.

Die Höhenmoore sind ihrem Wesen nach Hochmoore, wenn auch lokal in ihnen Flachmoorbildungen möglich sind. So ist die Benennung „Hochmoor“ denn zuweilen auch geradezu im gleichen Sinne gebraucht worden. Da sie aber im wissenschaftlichen Sprachgebrauche jetzt allgemein eine bestimmte pflanzenbiologische Gruppe bezeichnet, so mußte für die geographische Einteilung ein anderer Name gewählt werden.

Die meisten systematischen Schwierigkeiten bilden die Tiefen-

[1]) Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. Nr. 9. p. 702.

[2]) Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz. Bern 1904.

moore. So verschiedenartig die Ursachen von Wasseransammlungen sind, so verschiedenartig sind auch die Möglichkeiten der Entstehung von Tiefmooren. Am natürlichsten erscheint es, nach der Art der Entwässerungsbedingungen die Tiefenformen in Talformen und Beckenformen zu sondern und demgemäß Talmoore und Beckenmoore zu unterscheiden; erstere knüpfen sich an Flüsse, letztere an Seen und treten in erster Linie als Verlandungsmoore an deren Ufern auf. Dabei sind die Moorbildungen der Flüsse an ebene Talböden gebunden; hier schafft die Tätigkeit des Flusses, der Schlammabsatz, die Flußbettverlegung und das Hochwasser, einige besonders zu berücksichtigende Verhältnisse.

Der mäandernde Fluß schafft in seinen Altwässern Stätten, die der Verlandung und Moorbildung besonders günstig sind. Diese Altwassermoore bilden aber bereits eine Art Übergang zu den Beckenmooren. Dasselbe gilt von den Randmooren der Dammflüsse. Durch die allmähliche Erhöung ihres Bettes schaffen die letztern am Rande ihres Talgebietes Flächen, die teils durch Sickerwässer vom Flusse aus, teils durch Hochwasserüberflutungen mit dauernd zurückbleibenden Wasserlachen, teils auch durch Aufstauung von Nebenflüssen günstige Bedingungen für die Vermoorung bieten. Mit diesen Randmooren sind die Deltamoore in den sumpfigen Teilen der Flußdeltas nahe verwandt. Eine besondere Gruppe der Flußtalmoore aber verdient noch näher betrachtet zu werden, es sind dies die Überschwemmungsmoore. Sie sind teils an klimatische, teils an topographische Bedingungen gebunden. Einerseits setzen sie weite, ebene Gebiete in geringer Höhe über dem Flußspiegel voraus, anderseits verlangen sie ein Klima, dessen Feuchtigkeit ausreicht, um sie durch die Zeit des Niedrigwassers hindurch zu erhalten. Bei der außerordentlich geringen Durchlässigkeit des Torfes für Wasser ist die Grundwasserspeisung dieser über dem Flußniveau gelegenen Moore in der trocknern Jahreszeit eine verhältnismäßig schwache. Zeitweise ist ein Überschwemmungsmoor daher ebenso wie das Hochmoor auf den Regen angewiesen. Aber die regelmäßigen Überschwemmungen mit terrestrischem Wasser, die damit verbundene Verschlickung und die immerhin vorhandene Grundwasserzufuhr geben ihm pflanzlich völligen Flachmoorcharakter. So ist eine Abhängigkeit vom Klima denn auch bei den Tiefenmooren vorhanden. Sie ist am größten bei den Überschwemmungsmooren, am geringsten bei den See- und Flußufermooren, die als Verlandungsmoore dauernder Wasseransammlungen auch in einem sonst verhältnismäßig trockenen Klima denkbar sind.

Noch unabhängiger sind die Torfbildungen am Grunde derartiger Wasseransammlungen, die teils aus Bodenpflanzen, teils aus niedersinkendem Plankton, teils aus eingeschwemmtem Materiale sich zusammensetzen, die Faulschlammbildungen. Ihnen wären die allochthonen Torfe anzugliedern, falls wir sie diesem mehr für autochthone Bildungen berechneten Schema einfügen wollen.

Weit stärker klimatisch bedingt als die Überschwemmungs-

moore sind endlich die Hochmoorkappen, die sich beim sogenannten kombinierten Moortypus auf der Flachmoorunterlage von Tiefenmooren bilden. Sie entsprechen gleichsam einer Randfazies der Hochmoorklimate. Auch für die Hochmoorpflanzen gilt der Satz der Pflanzengeographie: Im Zentrum der Verbreitung einer Art überwiegen für ihr Vorkommen die klimatischen, an den Grenzen die örtlichen Einflüsse, insbesondere die Bodenbeschaffenheit.

Wenn in einem Gebiete Hochmoorvegetationen nur als Krönung alternder Flachmoore erscheinen, so ist das ein Zeichen, daß das Klima ihnen zwar die Möglichkeit zum Fortkommen bietet, aber nur da, wo der Abfluß ein möglichst schwacher ist, wie auf den ebenen, undurchlässigen Tiefenmoorflächen, und wo wie dort gleichzeitig das Gedeihen anderer konkurrierender Pflanzen ausgeschlossen ist."

Verf. gibt die nachstehend tabellarische Zusammenstellung, welche gleichzeitig die wichtigsten klimatischen und topographischen Bildungsbedingungen berücksichtigt.

			Höhenmoore	Gehängemoore	Tiefenmoore: Talmoore	Tiefenmoore: Beckenmoore
Hochmoore			Grenzfall: Regionale Vermoorung			
Hochmoore	Überfluß an Regenwasser. (Feuchte Klimate)		Moore der Kuppen, Rücken, Plateaus. Wasserscheidenmoore z. T.	Moore der Regenhänge.	Hochmoorkappen auf Tiefenmooren. (Kombinierter Moortypus)	
Im allgemeinen Flachmoore.	Mäßige und zeitweilige Wasseransammlungen.			Quellmoore. Terrassenmoore.	Überschwemmungsmoore.	(Moore periodischer Seen, Torfbildung zweifelhaft)
Im allgemeinen Flachmoore.	Ständiger Überfluß an terrestrischem Wasser.	Verlandungsmoore			Randmoore der Dammflüsse. Deltamoore. Altwassermoore. Flußufermoore.	Seeufermoore.
Im allgemeinen Flachmoore.		Sedimentation unter Wasser.			Faulschlammbildungen. Allochthone Torfbildungen.	

Was die allgemeine Verbreitung der Moore anbelangt, so ergibt sich aus Frühs kartographischer Darstellung nach R. Solger folgendes: Vermoorung fehlend oder unbedeutend in den Tropen und in den Wüstengürteln, mehr oder weniger allgemein verbreitet polwärts davon. Daher können wir mit Früh von zwei Moorgürteln in den gemäßigten Zonen sprechen. Dabei hat Früh versucht, zwischen schwacher, ziemlich starker und stärkster Torfbildung zu unterscheiden. Nach Solger würde es wünschenswert sein, die Moore zugleich qualitativ auseinanderzuhalten. Dazu reicht allerdings zurzeit das Beobachtungsmaterial noch nicht aus, und zwar eben deswegen nicht, weil zu einer schärfern geographischen Klassifizierung die Bezeichnung der Moortypen zu schwankend ist.

Von dem Grade der Vermoorung ist aber die Intensität der Torfbildung zu unterscheiden, denn bei letzterer ist zugleich die Geschwindigkeit des Anwachsens der Torflager in Betracht zu ziehen. „Innerhalb der Moorgürtel", sagt Solger, „klingt die Vegetationskraft gegen den Pol hin mehr und mehr ab, und damit muß auch die Menge des in gleicher Zeit gebildeten Torfes geringer werden. Umgekehrt werden wir nahe der äquatorialen Grenze des Moorgürtels in hinreichend feuchten Küstengebieten die rascheste Zunahme des Torfes erwarten können. Und wirklich entspricht dem auch etwa das Bild, das wir in der Natur finden. Zwar läßt sich schwer entscheiden, ob die Torfproduktion Irlands oder die der nordamerikanischen Swamps die stärkere ist, doch möchte Verf. die letztern ihrer Mächtigkeit und Ausdehnung nach für die geologisch bedeutsamere Bildung halten. Ihnen schließen sich die außerordentlich starken Vermoorungen der Bermudas- und Chathaminseln an, die die Äquatorialgrenzen der Moorgürtel auf beiden Halbkugeln bilden. Wenden wir unsere Ergebnisse auf die Kohlenlager an, so dürfen wir folgern, daß diese um so eher imstande waren, ein wichtiges Glied in dem gleichzeitig entstandenen Schichtenverbande zu bilden, je mehr ihre klimatischen Entstehungsbedingungen denen der Äquatorialgrenze unserer heutigen Moorgürtel entsprachen. So wird es uns verständlich, daß unsere mächtigsten Tertiärkohlenflötze uns Moore mit der Vegetation der nordamerikanischen Swamps widerspiegeln, während uns in den Steinkohlen meist Baumfarnformationen ähnlich denen der Chathaminseln entgegentreten."

Gletscher und Glazialphysik.

Die Tiefbohrungen am Hintereisgletscher, die seit mehrern Jahren mit Unterstützung des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines unternommen wurden, sind glücklich zu Ende geführt worden. Dr. A. Blümcke und Dr. H. Heß geben eine kurze Übersicht

der wichtigsten dabei erlangten Resultate,[1]) der nachstehendes entnommen ist:

Die Bohrlöcher wurden 8.5 *cm* weit hergestellt, damit ein in ein Blechgehäuse eingeschlossenes, sehr träges Thermometer in dieselben hinabgelassen werden konnte. Auf diesem Wege wurden die im Innern des Gletschers herrschenden Temperaturen gemessen, und es stellte sich heraus, daß sie den dem Vertikaldrucke der Eismassen entsprechenden Schmelztemperaturen gleich sind. Damit ist ein aus der mechanischen Wärmetheorie abgeleitetes, durch Laboratoriumsversuche geprüftes Resultat für bewegtes Eis in der Natur bestätigt, ein Ergebnis, dessen Richtigkeit Forel und Hagenbach am toten Eise in der Grotte des Arollagletschers nachgewiesen haben.

Für den größten Teil der Zunge des Hintereisgletschers kennt man die Bewegungslinien einzelner Punkte der Oberfläche, die Geschwindigkeit der Strömung, die Größe der jährlichen Abschmelzung, sowie den Betrag, um welchen die Gletscheroberfläche jährlich einsinkt. Mit Hilfe dieser Daten konnten Blümcke und Heß schon 1899 die Querschnitte des Gletschers rekonstruieren unter der Annahme, daß alle vertikal untereinander liegenden Punkte der Gletschermasse gleiche Geschwindigkeit besitzen. Im Laufe der letzten fünf Jahre sind nun besonders für die Einsenkung der Oberfläche, für die Ablation und auch für die Bewegungslinien noch sicherere Daten gefunden worden als bis 1899. Unter Benutzung derselben ergaben sich einige Änderungen gegen früher, und es wurde deshalb die Rekonstruktion der Profile, besonders des Profiles, in welchem die seit 1902 ausgeführten Bohrlöcher liegen, wiederholt. Da nur für den Zeitraum 1894 bis 1895 die Verteilung der Geschwindigkeit auf der Gletscheroberfläche und nur für 1894 die Form der letztern sicher bekannt sind, so wurden die ermittelten Bohrtiefen mit Hinzurechnung der seit 1894 eingetretenen Einsenkung auf den Gletscherstand von 1894 bezogen, für den auch die rekonstruierten Profile gelten. Es ergab sich nun durchweg, daß die wirkliche Tiefe des Gletschers größer ist als die der entsprechenden Stelle im rekonstruierten Profil zugeordnete Tiefe. Daraus folgt, daß die Geschwindigkeit des strömenden Eises nach der Tiefe hin abnimmt. Für das Bohrprofil beträgt die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit v_m durchschnittlich 0.73 der Oberflächengeschwindigkeit v_0, wobei der mittlere Fehler $\pm$ 4% ist. Für die viel näher am Gletscherrande ausgeführten Bohrungen von 1899 ergibt sich das Verhältnis $v_m : v_0 = 0.81$. Hier machen sich die Unsicherheiten in der Geschwindigkeitsverteilung und den Ablationsbeträgen stark fühlbar. Es erscheint den Verf. deshalb gerechtfertigt, für das Verhältnis der mittlern Querschnittsgeschwindigkeit zur Oberflächengeschwindigkeit den Mittelwert von 0.77 mit einer Unsicherheit von etwa 8% anzunehmen.

[1]) Mitteil. des Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1905. Nr. 4. ferner Sitzungsber. der kgl. bayr. Akademie in München 1905. p. 107.

Das Gesetz, nach dem die Abnahme der Geschwindigkeit gegen die Sohle des Gletschers erfolgt, läßt sich vorläufig nicht näher angeben. Nimmt man die Änderung der Tiefe proportional, so kann die Grundgeschwindigkeit gleich der Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit gesetzt werden. Wahrscheinlicher ist es, daß die Abnahme der Geschwindigkeit nach unten in ähnlicher Weise stattfindet wie von der Mitte der Oberfläche gegen den Rand, d. h. die Abnahme erfolgt oben langsam und erst gegen den Grund rascher, wo sich dann die Geschwindigkeit zu $^1/_5$ bis $^1/_4$ der Oberflächengeschwindigkeit ergibt.

Als ein weiteres Ergebnis der Tiefbohrungen kann hervorgehoben werden, daß wir mit ziemlich großer Sicherheit Kenntnis erhielten von der Gestalt des Gletscherbettes in einem Querschnitte, der in historischer Zeit wohl niemals eisfrei geworden ist. Man bemerkt, daß das Bett des Hintereisgletschers eine beträchtliche Vertiefung des Tales vorstellt, dessen Wandungen durch die Abhänge des obern Berges und die der Hintereisspitzen gebildet werden. Die Fortsetzung der Talwände mit den Neigungsverhältnissen, welche sie über dem Eise zeigen, würde eine viel höher gelegene Talsohle ergeben, als es der Wirklichkeit und auch noch dem rekonstruierten Profile entspricht. Der Hintereisgletscher hat also durch seine erodierende Tätigkeit sein Bett allmählich tiefer gelegt und in ein Tal mit ursprünglich flachem Boden eine ziemlich steilwandige Rinne eingegraben.

Der Jostedalsbrae zwischen dem Nordfjord und dem Sognefjord in Norwegen bildet mit einem Areale von 855 *qkm* (unter Zurechnung der durch rückschreitende Erosion im Laufe der Zeit von ihm getrennten Täler, von 1252 *qkm*) das größte vergletscherte Gebiet auf dem europäischen Festlande. Über seine wahre Natur, ob ein riesiges Schneefeld, ein Gletscher ähnlich denen der Alpen oder Inlandeis, wie es für Grönland nachgewiesen, gehen die Ansichten auseinander. Im Sommer der Jahre 1899, 1901 und 1903 hat nun Dr. M. Ebeling (Berlin) gründliche Forschungen am Jostedalsbrae angestellt und dadurch auch die obenerwähnte Frage beantwortet. In einer der letzten Sitzungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin berichtete er über die Ergebnisse seiner mühevollen Arbeiten.[1]) Bezüglich der Unterschiede zwischen dem Jostedalsbrae und den Gletschern der Alpen bemerkt er: „Es ist bekannt, daß die Gletscher von alpinem Typus ihr Eismaterial aus den Firnbecken beziehen, die ihrerseits von Lawinen genährt werden. Diese Lawinen stürzen von den Bergwänden und Bergspitzen herab, welche die Firnbecken überragen und einschließen. Gletscher, Firnbecken und der dazu gehörige Hochgebirgszirkus liegen also im wesentlichen räumlich

[1]) Verh. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905. Nr. 1. p. 5 ff.

hintereinander, und der Gletscher ist eingebettet in festes Gestein und wird an seinen Rändern von Felsen überhöht.

Ganz anders liegen die Verhältnisse am Jostedalsbrae, der seine ganze Umgebung überragt. Nicht die Berge sind hier das Höchste, sondern Eis und Schnee. Da der Jostedalsbrae nicht von Bergwänden und Bergspitzen überragt wird, so erhält er auch kein Nährmaterial durch Lawinen, sondern sein ganzes Schneematerial stammt direkt aus den Niederschlägen der Luft. Eis und Schnee liegen bei ihm räumlich nicht hintereinander, sondern übereinander. Das Eis ist das Liegende des Firnes. Es sind hier also im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie bei dem grönländischen Inlandeise vorhanden, und die Unterschiede zwischen diesem und dem Jostedalsbrae sind nicht qualitativ, sondern quantitativ. Das Eis des Jostedalsbrae liegt dem gewaltigen Plateau auf, welches sich zwischen den Ausläufern des Nord- und des Sognefjords erstreckt.

Der Jostedalsbrae ist demnach ein Inlandeis auf einem Plateau, von dem sich nach allen Seiten kaskadenartig Gletscher in die Täler hinabstürzen.

Wie dick das Eis und die darüber liegende Firnschicht ist, läßt sich natürlich nur durch Bohrungen beantworten, die in Norwegen noch nicht ausgeführt worden sind. Ebeling ist daher bei der Beurteilung der Mächtigkeit des Jostedalsbrae vorläufig auf Schätzungen angewiesen. Die größte Höhe der Eismasse beträgt 2038 *m*, auf mehr als 40 *km* hat er bei der Längsüberschreitung Höhen von über 1800 *m* festgestellt. Die Ränder des Jostedalsbrae reichen verschieden hinab, bis zu 1400, 1200, ja bis zu 1000 *m*. Er schätzt daher die durchschnittliche Mächtigkeit der Firn- und Eismasse des Jostedalsbrae auf 400 bis 500 *m*. Welche gewaltigen Niederschläge auf ihn herabfallen, sagt Dr. Ebeling, davon haben wir uns selbst, mehr als uns lieb war, überzeugen können; auch läßt sich die große Zahl der Tal- und Hängegletscher, welche dem Jostedalsbrae ihr Material und ihre Entstehung verdanken, nur durch eine entsprechend dicke Firn- und Eisschicht erklären. Wenn man die Karte des Jostedalsbrae überblickt, so kann man über sein weiteres Schicksal nicht im Zweifel sein. Sowohl die vielen Eislappen seiner Umgebung wie die Nunataker in seinem Nordostteile weisen darauf hin, daß er nach der Horizontalen und Vertikalen im Schwinden begriffen ist. Die fortschreitende Ausbildung der Täler, welche in seinen Rand hineingreifen, nagt beständig an ihm und verringert seine Oberfläche. Die (von Ebeling nachgewiesene) tiefe Einschnürung zwischen dem Stardal und dem Langedal, ein Rücken von kaum noch 300 *m* Breite, wird mit der Zeit zu einer völligen Zerschneidung des Jostedalsbrae in einen größern Nordostlappen und einen kleinern Südwestlappen führen. Schließlich wird die Modellierung des ganzen Jostefjelds, welches den Jostedalsbrae trägt, so weit vorschreiten, daß die gewaltige Eismasse ihren Charakter als Inlandeis verliert,

und daß Täler und Gletscher von durchaus alpinem Typus entstehen werden.

Schließlich wies Dr. Ebeling auf eine Eismasse hin, die in ähnlicher Weise entstanden sein muß, wie der Jostedalsbrae, nämlich die des Vatna Jökull oder Wassergletscher im südöstlichen Teile Islands. Er führt, sagt er, seinen Namen mit Recht; denn alle größern Flüsse der Insel verdanken ihm ihre Entstehung. Auch er, der einen Flächeninhalt von über 8000 *qkm* besitzt, muß ein Inlandeis sein. Was ihn aber vor allen andern Eismassen auf der Erde auszeichnet, das ist sein Konflikt und seine Mischung mit Lavaströmen und Asche. So fanden im Jahre 1861 am Vatna Jökull subglaziale Eruptionen statt, und die bekannte Eruption am 29. März 1875 hat auch über ihn große Mengen von Bimssteinasche ausgestreut, so daß am Vatna Jökull abwechselnde Schichten von Eis und Firn mit Lavadecken und Aschen vorkommen müssen. Es sind nun aber einzelne, ganz bestimmten Jahren angehörende Schichten durch ihre vulkanischen Niederschläge deutlich gekennzeichnet, und infolgedessen würde eine genaue Untersuchung des Vatna Jökull über eine Reihe von Fragen der Gletscherphysik so deutliche Auskunft geben wie bei keinem andern Gletscher. Bis jetzt sind alle Geologen und Geographen, auch die zahlreichen deutschen, welche Island besucht, dem Vatna Jökull aus dem Wege gegangen; selbst Thoroddsen, der beste Kenner Islands, hat ihn nicht begangen. Zwar gelang es dem englischen Touristen Watts, im Jahr 1875 quer über den Gletscher zu kommen; aber zu wissenschaftlichen Zwecken ist ein Eindringen in die gewaltige Eismasse bisher nicht erfolgt. Auf jeden Fall würde eine Untersuchung des Vatna Jökull eine erwünschte Brücke bilden von dem skandinavischen zu dem grönländischen Inlandeise, welches wir durch die Forschungsreisen und Untersuchungen eines Nordenskjöld, Nansen und von Drygalski in so vortrefflicher Weise kennen gelernt haben.

Die Kalbungen der Gletscher im Jakobshavner Eisfjorde und in den benachbarten Fjorden schildert Dr. M. C. Engell.[1]) In höhern Breiten, wo die Ablation nicht groß genug ist, um stets die Gletscher verschwinden zu lassen, ehe sie das Meer erreicht haben, schieben diese sich in Taltrögen gegen die Fjorde hin und, wenn sie diese erreicht haben, schieben sie sich ein Stück hervor, bis durch die Einwirkung des Wassers Stücke von den Gletscherenden abbrechen. Diese Ab- und Zerbrechungen des Gletscherendes im Wasser werden von den Dänen in Grönland Kalbungen genannt; dieser Ausdruck ist dann in die Wissenschaft übergegangen. „Die abgebrochenen Stücke werden, wenn sie größer sind, Eisberge, wenn sie nur klein sind, Kalbeis genannt. Die Strecke, die der Gletscher sich im Fjorde

[1]) Mitt. der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1905. p. 426.

hinausschiebt, ehe er kalbt, ist von den orographischen Verhältnissen und der Geschwindigkeit (Mächtigkeit) des Gletschers abhängig. Die östlichen Winde treiben sowohl die Eisberge als auch das Kalbeis aus dem Fjorde. Auf welche Weise die Gletscher kalben, ist noch nicht genügend aufgeklärt; hauptsächlich wohl, weil noch nicht hinlänglich viele Beobachtungen angestellt wurden. Die verschiedenen Ansichten hat K. J. V. Steenstrup in einer dänischen Zeitschrift kritisch zusammengestellt.[1]) Die Ansichten sind in einigen Fällen mehr auf theoretische Betrachtungen als auf Beobachtungen gestützt. Beobachtungen von großem Werte haben dagegen E. v. Drygalski und Steenstrup angestellt. Gerade aber die Ansichten dieser zwei Forscher fallen nicht zusammen. Im Sommer 1902, 1903, 1904 hatte Dr. Engell Gelegenheit, die Kalbungen im Jakobshavner Eisfjorde und in den benachbarten Fjorden Alangordlek, Sarkardlek und Torsukatak zu beobachten.

Die Alangordlek- und Sarkardlekeisströme sind beide von geringer Mächtigkeit, in Übereinstimmung damit ist auch die Geschwindigkeit nur eine geringe. Der Sarkardlekeisstrom bildet verhältnismäßig mehr Kalbeis als der Alangordlek.

Beide Eisströme sind ziemlich uneben. Denkt man sich die Oberfläche ausplaniert, so erhält der Sarkardlekeisstrom eine Randhöhe von ca. 25 *m* und der Alangordlek eine solche von 15 *m*. Wenn die Eisstromenden schwimmen sollten, müßte die Tiefe des Fjordes in Sarkardlek $25 \times 7.4 = 111$ *m* sein. Einige Lotungen, die Verf. ausgeführt hat, zeigen, daß der Alangordlek nur 50 *m* und der Sarkardlek 120 *m* tief ist. Wenn diese Tiefe sich unter dem Gletscher fortsetzt, kann das Gletscherende nicht niedergedrückt sein.

„Nur muß man doch nicht allzu großes Gewicht auf die Lotungen legen. Falls der Gletscher längere Zeit stationär gewesen ist, muß der Fjord vor dem Gletscher voll von Moränenmaterialien sein. Daß es so sein kann, geht aus der Bildung an dem südlichen Ende des Tasiussaks, das den Namen Kiakusuk führt, hervor.

Der Rand des Gletschers ist, wenn eine Kalbung längere Zeit nicht stattgefunden hat, immer vorwärts gebogen. Die im Wasser liegenden Teile des Gletschers sind sehr zernagt. Dies sieht man am deutlichsten bei Ebbe. Wenn die Neigung eine Größe von 10 bis 15° erreicht hat, und die Wasserkehle hinlänglich tief ist, kann die Zusammenhangskraft sich nicht mehr geltend machen. Längs einer Spalte geschieht die Berstung, und der flache Eisberg rutscht ins Wasser hinab. Hier wälzt er sich um. Außer dem großen Stücke stürzen auch gewöhnlich größere Massen von kleinern Eisstücken ins Meer. Oft bricht das größere Stück während des Falles in kleinere Stücke, oder es geschieht dies im Wasser. Mitunter kann die Kalbung nach einiger Zeit wieder auf derselben Stelle

[1]) Geogr. Tidsskrift, Kjöbenhavn 1892. **11.**

beginnen, indem kleinere Partikel hinabrutschen. Nach der Kalbung steht das Ende nach rückwärts geneigt (nach Schätzung bis 10°).

Setzt man die Beobachtungen fort, so sieht man, daß der Rand sich nach und nach lotrecht stellt und schließlich wieder vorwärts geneigt ist. Die Wasserkehle, die durch die Kalbungen verschwand, kommt wieder zum Vorscheine. Wenn die Neigung 10 bis 15° beträgt, beginnt die Kalbung wieder. Der Zeitpunkt für das Eintreten der Kalbung ist offenbar von mehrern Umständen abhängig, so von der Lage der Sprünge und deren Tiefe und auch von Kalbungen in der Nähe. Man bemerkt oft, daß, wenn Kalbungen an einer Stelle eintreten, auch andere Stellen zu kalben beginnen. Vielleicht können solche auch die Gezeiten ab und zu hervorrufen, doch hat Verf. keinen Zusammenhang zwischen Kalbung und Gezeiten beobachtet. Die Kalbungen scheinen bei jedem Wasserstande eintreten zu können."

„Ohne einen Beweis dafür anführen zu können", sagt Verf., „bin ich geneigt, die Kalbungen in Alangordlek und Sarkardlek, die als Beispiele von Eisströmen von geringer Geschwindigkeit dienen können, nur als Niederstürzungen zu erklären, das heißt, daß die Geschwindigkeit der untersten Schichten nicht größer ist, als das Wasser diese in Schach halten kann. Der vorwärts geneigte Rand läßt sich von der nach oben zunehmenden Geschwindigkeit erklären. Die Verteilung der Geschwindigkeit und das Zernagen des Eises vom Wasser sind die Ursachen der Kalbungen. Der Auftrieb spielt bezüglich der Kalbung bei diesen Gletschern keine oder eine ganz verschwindende Rolle. Eine ganz ähnliche Erklärung hat H. F. Reid[1]) gegeben. Wenn die Geschwindigkeit des Gletschers noch minder wird, rückt der Gletscher rückwärts. Wird die Geschwindigkeit größer, rückt der Gletscher vorwärts. Das Wasser allein kann nun nicht mehr die untern Schichten in Schach halten. Der Gletscher schiebt sich so lange fort, bis der Auftrieb sich geltend macht und die Lage des Gletscherendes reguliert. Beispiele für diesen Typus hat E. v. Drygalski gegeben.[2]) Wahrscheinlich ist dieser Typus geltend bei den meisten Gletschern mit größerer Geschwindigkeit, und die unter einem größern Winkel in das Fjord hinabkommen."

„Ein ganz anderer Typus ist repräsentiert durch den Jakobshavner Gletscher. In diesem Fjorde sieht man ab und zu, namentlich im Monate Juni, umgewälzte Eisberge. Die Oberfläche ist uneben von Zacken und Spitzen wie die Oberfläche des Gletschers. Die Grönländer nennen deswegen auch solche Eisberge Mañitsok, d. h. das, was uneben ist. Die Oberfläche ist grauweiß (von Staub) ganz wie die Oberfläche des Gletschers. Die Ränder sind ganz lotrecht und ganz weiß, ebenso wie das Gletscherende. Hier kann kein

---

[1]) Reid H. F., Studies of the Unierglacier in Alaska (Nat. Geog. Mary. Washington 1892) zitiert nach Heß: Die Gletscher, p. 245.

[2]) E. v. Drygalski, Grönlandexpedition I. p. 392.

Zweifel sein, daß diese Eisberge Stücke von den Gletschern sind, die in ursprünglicher Lage fortgeführt worden sind."

Verf. hat mehrfach versucht, die Höhenunterschiede zwischen diesen Eisbergen und dem Gletscherende zu ermitteln. Falls die Höhenunterschiede Null waren, mußte der Gletscher vollständig nach dem hydrostatischen Prinzipe auf dem Fjorde schwimmen.

Dr. Engell findet aus seinen Messungen als wahrscheinlich, daß der Gletscher nach dem hydrostatischen Prinzip auf dem Fjorde schwimmt. „Der Auftrieb ersetzt also den festen Boden. Nach dieser Annahme kann die Kalbung nicht durch den Auftrieb, nicht durch Niederfallen bewerkstelligt werden, sondern muß von der Spannung, die dem Gletscher zufolge der Bewegung den Anlaß zur Bildung von Spalten geben, herrühren."

„Die umgewälzten Eisberge sind wenig dauerhafte Bildungen. Teils sind sie geneigt zu kentern (wenn der horizontale Querschnitt kleiner als der vertikale ist), teils sind sie so von lotrechten Spalten durchsetzt, daß sie leicht in kleinere Stücke zerfallen. Deswegen sind sie auch sehr selten; weitaus die größte Masse von Eisbergen wird durch Abbrechungen gebildet. Teils durch Abschmelzen unter Wasser, teils durch Spannungen — hervorgerufen durch die Bewegung — brechen größere oder kleinere Partien ab. Das Gletscherende hat niemals vorwärts geneigte Wände wie an den kleinern Gletschern. Entweder ist es nahezu lotrecht, oder es ist ein wenig rückwärts geneigt. Einige Male habe ich bemerkt, daß kleinere niedergestürzte Partien nicht völlig niederstürzten, sondern auf halbem Wege oder sonst stehen blieben."

Die Gletscher und Seen der argentinisch-chilenischen Kordilleren beginnen besonders seit der Erledigung des Grenzstreites Gegenstand intensiver Forschungstätigkeit zu werden, an der von argentinischer Seite Hauthal, Burckhardt, Roth und Wehrli, von chilenischer Krüger, Steffen und Stange beteiligt sind. Vermehrte Förderung darf in nächster Zukunft von der Einrichtung einer geologischen Landesanstalt für Argentinien und von einer Glazialexpedition erwartet werden, die von Professor Hans Meyer und dem Vereine für Erdkunde in Leipzig ausgerüstet ist. Ihr Führer ist Hauthal. Einige neuere Ergebnisse seiner Forschungen während der Südsommer 1899 und 1900 liegen in einem mit sehr schönen Gletscher- und Seenbildern ausgestatteten Beitrage zum 35. Bande der Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereines vor. Das Wichtigste ist die Ausdehnung eines Inlandeisfeldes, das auf dem patagonischen Kordillerengebiete von 51° 30′ südl. Br. jedenfalls bis 49°, vielleicht aber bis 46° 30′ reicht. Von ihm stoßen besonders nach der argentinischen Seite mächtige Gletscher vor, die auf den Seen zur Entstehung von Miniatureisbergen Veranlassung bieten. Außer dem von 1899 bis 1900, also innerhalb eines Jahres, um 24 *m* weiter in den Lago

Argentino vorgerückten Bismarckgletscher scheinen sie alle im Rückgange begriffen zu sein. Der Rückgang ist so stark, daß ein nicht weniger als 3 *km* langes, allerdings „totes“ Gletscherende am Nordhange des Lanin vom Mai 1896 bis ebenda 1897 vollständig verschwunden war, ein Beweis des Rückganges, der unwiderleglich durch zwei Photographien erbracht ist. Zwar nicht mit der gleichen Deutlichkeit sind an Moränenwällen drei Vereisungsperioden erwiesen, deren erste und stärkste die Gletscherenden des Kordillereneises bis zur atlantischen Ostküste vordringen und, wie es scheint, mit dem von Süden bis über den Rio Gallegos vorstoßenden antarktischen Inlandeise zusammenmünden ließ. Eine solche Zusammenmündung findet noch gegenwärtig nordöstlich des Mt. Stokes zwischen einem Arme des Stokesgletschers und dem Richtergletscher statt. — Dort traten infolge der Stauung der Eismassen eigenartige Schwellungen auf und, wie es scheint, ein seitliches Überschieben der Grundmoräne vom Stokesgletscher auf den Richtergletscher. Solches seitliche Herauspressen von Partien der Grundmoräne glaubt Hauthal öfters an patagonischen Gletschern direkt oder indirekt, an Gletscherschrammen senkrecht zur Richtung des Eisstromes, nachgewiesen zu haben. An der Südflanke des Bismarckgletschers fand er im Jahre 1900 sogar riesige, hausgroße Felsblöcke auf einem 15 *m* hohen Moränenhügel, die dorthin nur aus der Grundmoräne durch das aufwärts strömende Eis gebracht sein konnten. Er berichtet sogar, daß dies innerhalb eines einzigen Jahres geschah, da er die Felsmassen im Jahre 1899 nicht vorgefunden hatte.[1])

Nachweis verschiedener Eiszeiten auf der Hochfläche des Innern Islands. Auf Grund eigener Beobachtungen kommt Dr. W. v. Knebel zu der Überzeugung, daß verschiedene Eiszeiten auf Island anzunehmen sind.[2]) Thoroddsen hat die Frage früher für unbeantwortbar erklärt, während Pjetursson eine wiederholte Vergletscherung in diluvialer Zeit behauptet. Es findet, was nicht zu übersehen ist, ein bedeutender Unterschied zwischen den isländischen Diluvialgebilden und denjenigen anderer Länder insofern statt, als der Untergrund des Landes vulkanisch ist. Während bei uns interglaziale Sedimente die Grundmoränen voneinander scheiden, sind es hier vulkanische Massen. Wie die Profile Pjeturssons und v. Knebels beweisen, fanden innerhalb der Zeit diluvialer Vergletscherung zu wiederholten Malen vulkanische Ausbrüche statt. Aber W. v. Knebel betont, es sei keineswegs beweisend für wiederholte Eiszeiten, wenn glaziale Sedimente durch vulkanische Produkte getrennt sind. „Denn wir haben heute noch in Island zahlreiche Beispiele dafür, daß unter der Decke von Inlandeis, welches viele Tausend

[1]) Globus **87.** p. 228.
[2]) Centralblatt f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1905 Nr. 17/18.

Quadratkilometer bedeckt, der Vulkanismus ausbricht. Die Eruptionen verursachen ein Schmelzen gewaltiger Eismassen; es entsteht ein sogen. Jökullhlaup (Gletscherlauf). Die Wassermassen führen große Mengen vulkanischer Aschen und Breccien, sie reißen große Teile der Grundmoränen mit sich, und es entsteht ein merkwürdiges geologisches Gebilde, ein Jökullhlaupsediment. An der Stelle des vulkanischen Ausbruches bedecken nunmehr vulkanische Gebilde, Laven oder Tuffe, die ehemalige Grundmoräne, soweit sie nicht fortgerissen ist. Über diesen lagern sich naturgemäß nach beendeter vulkanischer Tätigkeit neue Eismassen und deren Moränen.

Genau der gleiche Vorgang mag in diluvialer Zeit stattgefunden haben, und daher sind glaziale Einlagerungen in vulkanischen Serien kein Beweis für allgemeine periodische Vergletscherungen."

Indessen konnte v. Knebel in den Bergen, welche den Südrand der Gletschermulde bilden, nicht weniger als vier übereinander liegende Gletscherböden erkennen. „Die doleritische Lava hat immer wieder den Gletscherboden bedeckt, und immer wieder ist der Gletscher über die erkaltete Lava hinweggegangen, und die von ihm mitgeschleppte Moräne hat die Lavaoberfläche poliert. Zwischen den Lavaschichten befinden sich keine Reste von Moränen, wenigstens konnte Verf. an den wenigen Stellen, an denen es ihm gelungen ist, den vertikalen Felswänden des Abbruches entlang zu klettern, nirgends den kleinsten Rest einer Geschiebeansammlung erblicken. Überall legte sich die obere Lava flach auf den darunter befindlichen Gletscherboden. Wir müssen annehmen, daß die einem jeden dieser Lavaausbrüche vorangehenden Gletscherläufe die gesamte Grundmoräne von dem Gletscherboden weggerissen haben, bevor noch die neue Lava dieselbe bedecken konnte.

Indessen sind die Schwankungen in der Schrammenrichtung auf den vier übereinander liegenden Gletscherböden nicht so groß, daß man aus ihnen auf verschiedene Perioden der Vergletscherung schließen könnte. Die Schwankungen sind im Gegenteile geringer, als sie auf ein und derselben Fläche oftmals vorkommen.

Dagegen teilt v. Knebel drei Profile mit, welche nach seiner Ansicht deutlich erkennen lassen, daß mindestens zwei, resp. drei Vergletscherungen mit beträchtlicher interglazialer Erosion vorhanden gewesen sind. Er kommt zu dem Schlusse, daß eine große Vereisung stattgefunden habe, deren Produkte das ganze Südland bedecken. „Lokal ist diese Eiszeit durch vulkanische Ausbrüche vorübergehend unterbrochen, aber auf — geologisch gesprochen — nur sehr kurze Zeit. Dieser überall sicher nachweisbaren Haupteiszeit ist eine Interglazialzeit gefolgt, während welcher große Talungen sich gebildet haben. So hat die Laxá sich eine Niederung geschaffen, welche um 100 *m* in die präglaziale oder altglaziale Hochfläche eingesenkt ist. In dieser Talsenke hat der Gletscher einer zweiten Eiszeit sich bewegt, dessen Grundmoräne 40 *m* über der

heutigen Talsohle liegt. Abermals fand ein Rücktritt des Eises statt, während welcher Zeit der Fluß sein Bett um weitere 40 *m* vertiefte. Dann begann — wenigstens im Laxátal — eine dritte Vergletscherung, durch welche am Talboden einige Felsklippen zu Rundhöckern geschliffen wurden. Die Bewegungsrichtung dieser letztern Vereisung war dort wenigstens eine abweichende. Das Eis scheint auffallenderweise von SO. gekommen zu sein.

In diesen Talmoränen liegt der deutliche Beweis wiederholter Vergletscherungen. Aber diese jüngern Eiszeiten stehen weit hinter jener großen, ersten Eiszeit zurück; ihre Gletscher haben nicht mehr die gewaltige Ausdehnung gehabt, wie jene der ersten Eiszeit des Landes.

Die Talgletscher der spätern Eiszeiten besitzen eine gewisse Analogie mit den Schreitgletschern, welche am Rande der Eisfelder Islands auftreten; nur waren jene ungleich größer. Aber sie sind auch von den damals sicher bedeutend größern Feldern von Inlandeis ausgegangen, deren heute noch zurückgebliebene Reste insgesamt 12000 *qkm* bedecken."

In einer zweiten Mitteilung[1]) faßt v. Knebel die Ergebnisse seiner Beobachtungen dahin zusammen, „daß wir in dem Gebiete östlich vom Lang-Jökull zwei Eiszeiten unterscheiden müssen: eine große Eiszeit, welche von vulkanischen Ausbrüchen unterbrochen wurde, und deren Boden mehrere Hundert Meter über dem Boden der zweiten Eiszeit lag. Nur einzelne Zeugenberge sind noch vorhanden, welche durch ihren geologischen Aufbau jene ältere Eiszeit „bezeugen". Auf diese erste nachweisbare Eiszeit muß eine lange Periode gefolgt sein, während welcher die Vergletscherung mindestens so weit zurückging, daß nahe dem Rande der heute noch vergletscherten Hochfläche die Erosion wirken konnte, d. h. die Interglazialzeit in dem isländischen Vereisungsgebiete entspricht mindestens demselben Zustande, in dem das Land heute sich befindet.

Ob aber die Vereisung nicht etwa noch weiter zurückgegangen ist, als heute, das ist nicht zu entscheiden, da die großen Gletschereismassen der Gegenwart die etwa in der Tiefe vorhandenen Spuren interglazialer Erosionstätigkeit verhüllen.

Zwischen dem Interglazial Islands und dem der großen nordeuropäischen Vergletscherung besteht also ein beträchtlicher Unterschied: die europäischen Interglazialzeiten sind lokal; sie stehen zwischen einer Periode des Vor- und Rückschrittes des Randes einer gewaltigen Eismasse, — anders die isländische Vereisung. Hier bedeutet die Interglazialzeit einen Rückgang mindestens bis auf das heutige Maß der Vereisung.

Ferner ist die Interglazialzeit Islands, wie es scheinen will, von bedeutend längerer Dauer gewesen. Denn es sind in dieser Periode mehr als 3000 *m* mächtige Massen vulkanischer und vulkanoglazialer Sedimente bis auf wenige Spuren abgetragen worden.

Solche Erosionsreste (Zeugenberge), welche die Ausdehnung des eisfreien Gebietes in interglazialer Zeit kundgeben, finden sich nicht nur am Lang-Jökull, sondern auch nahe dem Rande des Hofs-Jökull. Was wir also bezüglich des Zurückweichens des Eises am Lang-Jökull aussagten, das müssen wir auch hinsichtlich des andern großen Gletschers in dem Innern des Landes, des Hofs-Jökull, aufrechterhalten. Auch der Hofs-Jökull ist mindestens bis auf seine heutige Ausdehnung in interglazialer Zeit zurückgewichen.

---

[1]) L. c. p. 546.

In der zweiten Glazialzeit hat sich der Hofs-Jökull weit nach Süden und Westen ausgebreitet und ist nahe an den Lang-Jökull herangekommen. Aber die vulkanische Gletscherscheide des Jarlhettur hat eine Vereinigung beider Eismassen, wie sie wohl in der Eiszeit anzunehmen war, verhindert.

Eine dritte Vergletscherung, deren Spuren Verf. im Tale der Laxá gefunden hat, ist in dem Hochlande des Innern — wenigstens nicht in dem von ihm bereisten — Gebiete festzustellen.

Wohl aber sind die Spuren eines Ereignisses zu beobachten, welches wohl in die Rückschrittsperiode der letzten Vergletscherung fällt: das ist der Einbruch des Hvitáseebeckens. Der Hvitásee, sowie ein großer Teil seiner Umgebung stellt ein nach Osten offenes Senkungsfeld dar. Am Rande dieser Einsenkung haben sich zwei gewaltige Lavavulkane aufgebaut, deren nördlichen Verf. zu besteigen die Gelegenheit hatte. Die sanften Gehänge dieses Berges bilden die östliche Talwandung des nördlichen der beiden in den See einmündenden Schreitgletscher, während die andere Talwandung von einem ca. 600 *m* hoch, steil abfallenden Tuffgebirge gebildet wird. Durchaus symmetrisch gelagert, befindet sich südlich jenes Tuffgebirges ein zweiter Lavavulkan, welcher, um die Symmetrie zu vervollkommnen, ebenfalls einen Schreitgletscher begrenzt, der zwischen ihm und dem zuvorgenannten Tuffgebirge dahin fließt. Diese beiden in den See mündenden Schreitgletscher haben sich ehedem nach Art des Malaspinagletschers in Alaska oder der diluvialen Vorlandgletscher der Alpen zu einem jedoch nur etwa 70 *qkm* bedeckenden Hvitágletscher vereinigt, dessen Endmoränen das heutige Seebecken abgedämmt haben.

Jene Zeit, in welcher das Becken des Hvitásees von einem Vorlandgletscher erfüllt war, fällt aber in das Ende der Eiszeit. Denn die Eismassen haben es nicht mehr vermocht, jene Berge doleritischer Lava zu überschreiten, sondern sind ihrem Gehänge entlang gefolgt, um in dem tiefer gelegenen Seebecken sich wieder zu vereinen.

Nach Abschmelzung dieses Hvitágletschers bildete sich an dessen Stelle der Hvitásee, bis zu welchem in heutiger Zeit die beiden nunmehr getrennten Gletscherarme gehen, deren kalbendes Ende die Wasserfläche mit Eisbergen erfüllt. Die in dem See flutenden Eisblöcke ragen nur etwa 10 bis 12 *m* über die Wasserfläche empor und zeigen somit eine Tiefe von etwa 20 bis 30 *m* an.

Die Moränen, welche das Seebecken des Hvitágletschers abdämmen, sind die jüngsten Glazialgebilde; sie sind jünger als die der zweiten Eiszeit, welche vom Hofs-Jökull ausgegangen ist. Aber Verf. vermag nicht in ihnen die Spuren einer dritten Eiszeit zu erkennen, sondern glaubt annehmen zu müssen, daß dieser kleine (nur 70 *qkm* bedeckende) ehemalige Hvitágletscher der Rückschrittsperiode der letzten Vereisung angehört. Seine Studien im Innern der Insel, im Randgebiete der beiden Gletschermassen des Hofs- und Lang-Jökull haben zwei scharf voneinander getrennte Eismassen erkennen lassen, welche durch eine lange Interglazialperiode geschieden waren, während welcher die Gletscher mindestens bis auf ihren heutigen Umfang geschrumpft sind."

Wesen und Ursache der Eiszeit. Prof. E. Geinitz formuliert[1]) seine Auffassung hiervon in folgenden Sätzen:

1. Die Ursache der Eiszeit war keine kosmische, sondern eine terrestrische, nämlich: Vermehrte Niederschläge, bedingt durch die eigenartige Konfiguration der Kontinente am Schlusse der Tertiärzeit.

2. Die Eiszeit ist nicht als allgemeine Kälteperiode aufzufassen.

---

[1]) Archiv des Vereines der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. 1905.

Im Gegenteile, zu Beginn und zum Teile auch noch während der Eiszeit hat nicht kälteres Klima geherrscht, sondern ein gegenüber dem heutigen sogar etwas wärmeres oder wenigstens das heutige.

„Infolge der meteorologischen Verhältnisse des ältern Quartärs", fährt er fort, „haben sich dann wahrscheinlich die Jahresisothermen nach und nach etwas nach Süden verlegt; aber wenn in denjenigen Gebieten, die eine Vergletscherung erfuhren, eine Verschlechterung des Klimas und Sinken der Temperatur stattfand, so war dies doch, im Vergleiche zum Gesamtcharakter des quartären Klimas überhaupt, nur eine, wenn auch ausgedehnte, Lokalerscheinung; eine die gesamte Erde betreffende „eiszeitliche" Klimaerniedrigung hat nicht stattgefunden. Es darf hier daran erinnert werden, daß das diluviale Glazialphänomen nach Pencks Ausspruche nichts als eine gewaltige Vergrößerung der heutigen Gletscherverhältnisse war."

Am Schlusse der tertiären Epoche waren die klimatischen Verhältnisse auf der Erde ähnlich den heutigen, vielleicht noch etwas milder, womit die astrophysikalischen Ansichten vom Wesen der Sonne übereinstimmen. In der Zeit des Pliozäns, sagt Prof. Geinitz, muß sich der für uns so gewaltige Umschwung vollzogen haben, der in den arktischen Gebieten aus den temperierten oder subtropischen Verhältnissen des Miozäns zu den heutigen eisigen Verhältnissen geführt hat. „Es waren die Landverschiebungen, die jenen kolossalen Effekt erzielten. Im Miozän finden wir ausgedehnte Wasserflächen in anderer Verteilung als heute; dies verursachte durchaus andere meteorologische Bedingungen, denen man die wärmere Temperatur des Miozäns jener genannten Gebiete zuschreiben darf. Die tektonischen Vorgänge, welche zur Tertiärzeit die Umwandlungen mit den Kontinenten hervorriefen, haben (in abgeschwächter und veränderter Form) noch bis ins Quartär fortgedauert; aus präglazialer, glazialer, spät- und postglazialer Zeit sind ihre Wirkungen bekannt."

Prof. Geinitz schildert die geographischen Verhältnisse der Präglazialzeit, wie sie gemäß den geologischen Forschungen wahrscheinlich bestanden haben. Skandinavien, sagt er, lag mindestens 400 *m* höher als heute; es bildete ein sich hoch über das Meer erhebendes Hochplateau, begrenzt von dem auch heute bestehenden ozeanischen Tiefenabsturze. Schottland lag 90 *m* höher als gegenwärtig, Großbritannien gehörte mit zum Kontinente. Die Funde von Seichtwassertieren an verschiedenen, jetzt tiefen Stellen des nördlichen Eismeeres (z. B. zwischen Island und Jan Mayen) werden als Beweise angesehen für die einstige Landverbindung zwischen Island und Grönland, die erst im Quartär allmählich versank. Eine „kontinentale Plattform" umgibt die Kontinente in verschiedener Breite, bis zur Tiefe von 100 bis 200 Faden; auf ihr sind noch deutlich die alten Talläufe der Kontinentströme zu erkennen.

Für Amerika ist ein gleiches nachgewiesen, Spencer hat den „Antillenkontinent" rekonstruiert, der Zentralamerika mit Südamerika vereinigte und den Golf von Mexiko zum Binnensee verwandelt hatte.

Europa wie Amerika waren bedeutend größer, sie erhoben sich breiter und höher über das Meer.

Wahrscheinlich ist die sogenannte „Landverbindung" zwischen Europa und Grönland nicht in der Art anzusehen, daß sie eine völlig trockene, ununterbrochene Landbrücke darstellte, sondern etwa aus nebeneinander liegenden Inseln und Halbinseln bestand, also einen durch Wasserarme unterbrochenen Landzug darstellte.

Ferner betont Prof. Geinitz, daß nach den Untersuchungen von W. Ramsay das nördliche Rußland um das weiße Meer herum größtenteils vom Meere bedeckt war, und daß auch an sonstigen Stellen Europas und Nordamerikas größere Seeflächen vorhanden gewesen sind. Bezüglich der Einzelheiten, welche die geologischen Forschungen über die präglazialen geographischen Verhältnisse ergeben haben, muß man mißtrauisch sein, denn es handelt sich dabei um Schlüsse aus lokalen Verhältnissen auf große, die zudem verschiedener Deutung fähig sind; die Hauptsache ist, daß damals die Verteilung von Land und Meer im Gebiete der nördlichen Atlantiks von der heutigen verschieden war, wofür eben die Eiszeit selbst den besten Beleg liefert. „Daß derartige geographische Verhältnisse", sagt Prof. Geinitz, „auf die Verteilung der atmosphärischen Minima und Zyklonenwege und damit auf die atmosphärischen Niederschläge (ebenso wie auf die Meeresströmungen) von Einfluß waren, ist ganz selbstverständlich; auch bei gleichen sonstigen klimatischen Verhältnissen der Erde mußten sich damals unter den andern Bedingungen andere atmosphärische Beziehungen entwickeln, als heute. In diesen paläometeorologischen Verhältnissen sehe ich Ursache und Wesen unserer quartären Eiszeit."

Vor vier Jahren hat der britische Geologe F. W. Harmer in einem Artikel Betrachtungen über den Einfluß des Windes auf das Klima während der pleistozänen Epoche angestellt,[1]) und Prof. Geinitz weist darauf hin. Um auf diesem ihm nicht ganz geläufigen Gebiete nicht auf Irrwege zu geraten, hat er seinen Kollegen, Prof. Dr. Kümmell, um seine Ansicht über die von ihm (Geinitz) aufgestellte Hypothese ersucht, und dieser findet sie berechtigt. Sie ist es in der Tat und weit mehr als irgend eine andere bisher aufgestellte. Aber sie ist durchaus nicht neu, sondern schon 26 Jahre vor Prof. E. Geinitz, von Dr. Klein aufgestellt und begründet worden im 4. Bande der „Gaea" (1868), p. 401 bis 411.

---

[1]) Quart. Journal Geolog. Society, London 1901, p. 405.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Herkunft der Ionen in der Atmosphäre. Dr. H. Mache zeigte[1]) auf Grund der Bestimmungen des Gehaltes der Atmosphäre an radioaktiver Emanation, daß dieser Gehalt hinreicht, um die tatsächlich vorhandene Ionisierung der Freiluft zu erzeugen, so daß man in ihm den maßgebenden Ionisator der Atmosphäre zu sehen hat. Er behandelte dann weiter die Frage, auf welchem Wege diese radioaktive Emanation in die Atmosphäre gelangt. Sieht man mit Elster und Geitel den Ursprung der Emanation im Gehalte des Erdbodens an radioaktiver Substanz, dann gelangt sie hauptsächlich durch Luftdruckschwankungen und Diffusion in die Luft. Vorzüglich auf den ersten dieser beiden Faktoren hat bereits Ebert hingewiesen. Tatsächlich läßt sich an Hand des in Kremsmünster durch Schwab und Zölß, sowie in Potsdam durch Lüdeling gesammelten Beobachtungsmateriales über die sogenannte Zerstreuung der hier von der Theorie verlangte Zusammenhang zwischen Luftdruckschwankung und Emanations- beziehungsweise Ionengehalt nachweisen. Auch die Zerstreuungsbeobachtungen, welche Zölß in einer Höhle ausgeführt hat, entsprechen durchaus dem theoretisch zu erwartenden Verhalten, wofern man den wesentlichen Unterschied berücksichtigt, der darin besteht, daß, während in Freiluft die aufquellende Emanation nach kurzer Zeit durch Luftströmungen vertragen wird, hier ein Anhäufen derselben im Luftraume der Höhle stattfinden muß.

Ist es somit einerseits unzweifelhaft, daß die Luftdruckschwankungen die zeitliche Verschiedenheit des Emanationsgehaltes der Luft an einem bestimmten Orte befriedigend zu erklären vermögen, so hält es anderseits schwer, ihnen allein die Versorgung der Atmosphäre mit Emanation zuzuschreiben. Überschlagsrechnungen zeigen, daß hier der Diffusion die Hauptrolle zufällt.

Die Theorie der Wärmeeinstrahlung der Sonne auf die Erde ist von Dr. Fr. Hopfner entwickelt worden,[2]) und zwar wurde das Problem ohne die sonst üblichen beschränkenden Annahmen in aller Strenge gelöst. Es ergab sich dabei das Gesetz, daß die einem Flächenelemente einer beliebigen Breite zugestrahlte Wärme gleich ist der in dem betreffenden Zeitmomente dem Äquator zugestrahlten Wärme, vermehrt oder vermindert um die gleichzeitig dem bestrahlten Pole zugesandte Wärme, je nachdem das Flächenelement auf der Sommer oder Winter habenden Halbkugel liegt. Es bereitet nun keine weitern Schwierigkeiten mehr, die Wärmemengen zu bestimmen, welche in beliebigen Zeiträumen den verschiedenen Breiten der Erde zugestrahlt werden, was des weitern durchgeführt wird.

---

[1]) Anzeigen d. k. k. Akad. in Wien 1905. Nr. 23.
[2]) Akad. d. Wiss. in Wien. Wiener Akad. Ber. 1905. Nr. 13.

Absorption und Emission der äußersten ultravioletten Strahlen in der Atmosphäre. Nr. 1413 der „Smithsonian Contributions to Knowledge“ enthält eine Abhandlung von Dr. V. Schumann in Leipzig, in welcher derselbe eine eingehende Beschreibung seiner spektroskopischen Untersuchungen über die Absorption und Emission der atmosphärischen Luft und ihrer Bestandteile für Lichtstrahlen von Wellenlängen zwischen 250 und 100 $\mu\mu$, sowie des dabei verwendeten Apparates gibt. Er erhielt photographische Spektren von N, O, CO_2, CO, Wasserdampf und H mittels eines zweckentsprechend eingerichteten Spektroskops, aus dem er alle Gase mit Ausnahme des zu untersuchenden entfernen konnte; dieses benutzt er nach nochmaliger Reinigung in Lagen von bestimmter Dicke. Dr. Schumann fand, daß Stickstoff auch noch für Wellenlängen unter 162 $\mu\mu$ sehr durchlässig ist, aber bestimmte Wellen stark absorbiert; das Emissionsspektrum erstreckt sich unter 162 $\mu\mu$. Sauerstoff absorbiert die Strahlen um 185 $\mu\mu$ in deutlich ausgeprägten Bändern (14); in der Richtung der stärker brechbaren Strahlen tritt dann vollkommene Absorption ein. Diese hält der Verfasser für die Ursache der Undurchlässigkeit der Atmosphäre für Strahlen unter 185 $\mu\mu$. Das Absorptionsspektrum der Kohlensäure ist dem des Sauerstoffes ähnlich, erstreckt sich aber bis zu viel kleinern Wellenlängen. Die Anwesenheit von dem Kohlenoxyd angehörigen Banden — eine der größten Schwierigkeiten, mit welchen Dr. Schumann zu kämpfen hatte, weil diese Strahlen eine sehr starke photographische Wirkung ausüben und sich weit unter 162 $\mu\mu$ erstrecken — hat die genaue Bestimmung des stärker brechbaren Teiles des Kohlensäurespektrums verhindert, das an Linien ungemein reich ist. Kohlenoxyd absorbiert die kürzern Wellenlinien etwas weniger als Kohlensäure. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Wasserdampf sind etwas unsicher wegen der Bildung von Tau; sein Spektrum besteht im wesentlichen aus dem des Wasserstoffes, dem starken Maximum des Sauerstoffes bei 185 $\mu\mu$ und einer Anzahl anderer Linien, deren Provenienz bisher unbekannt ist. Die Erfahrungen führten trotzdem zu dem Schlusse, daß der Wasserdampf sich in regelmäßiger Weise dissoziiert und wieder rekonstruiert. Die Resultate bezüglich des Wasserstoffes sind sehr interessant und werden von Dr. Schumann eingehend behandelt. Sie zeigen, daß dieses Gas sehr durchlässig ist, doch ist die Grenze dieser Durchlässigkeit noch nicht ganz festgestellt. Die Karten des Wasserstoffspektrums enthalten ungefähr 1500 Linien zwischen 185 und 127 $\mu\mu$. Dr. Schumann vermutet, daß der letztere Wert noch nicht die Grenze des Spektrums bezeichnet, auch hält er das H-Spektrum zwischen 185 und 369.9 $\mu\mu$ für kontinuierlich.

Der periodische Verlauf der Wärme in Boden, Luft und Wasser. Nachdem Prof. W. von Bezold schon im Jahre 1892 als ein Hauptproblem der Meteorologie die Verfolgung der Umwandlungen der Energie an der Erd-

oberfläche und im Luftmeere nach Art und Maß bezeichnet hat, unternahm Prof. J. Schubert die genauere, mathematische Behandlung dieses Problems und gelangte dabei zu wichtigen Ergebnissen. Er hat über diese an verschiedenen Stellen berichtet[1]) und nunmehr die Hauptergebnisse in einer Darlegung zusammengefaßt.[2])

Wärmegehalt des Bodens ist die Wärmemenge, welche dem Boden zuzuführen ist, um ihn von gegebener Anfangstemperatur auf die jeweilige Temperatur zu bringen. Betrachtet man eine senkrechte Säule, deren Horizontalquerschnitt gleich der Flächeneinheit ist, und die von der Oberfläche bis zu einer Tiefe reicht, in der die Temperaturänderungen unmerklich sind, so ist der Wärmegehalt des Bodens pro Flächeneinheit gleich der Wärmemenge, die erfordert wird, um diese Säule von dem Anfangszustande der Temperatur auf den Endzustand zu bringen. Nach den Beobachtungen (1876 bis 1890) des grasbedeckten, oben humosen Sandbodens zu Eberswalde ist die vom Wassergehalte abhängige Wärmekapazität dort zu etwa 0,4 bestimmt. Im Sommer ist die tägliche Wärmezufuhr größer als die nächtliche Abgabe: der Wärmegehalt wächst. Seinen höchsten Wert erreicht er in Eberswalde etwa am 7. September. Im Winter überwiegt die Wärmeabgabe, daher sinkt der Wärmegehalt und erreicht zum Frühjahre, in dem gewählten Beispiele am 21. März, den tiefsten Stand. Der Unterschied zwischen dem Minimum und Maximum des Wärmegehaltes ergibt den jährlichen „Wärmeaustausch" oder Umsatz und ist gleich der Summe der im Sommer einströmenden oder der im Winter ausströmenden Wärmemengen. Bei der Bildung der Summe für den Sommer sind die nächtlich austretenden Wärmemengen von den tagsüber einströmenden in Abzug zu bringen; umgekehrt im Winter. Bei der Berechnung des Wärmeaustausches sind nur Temperaturänderungen berücksichtigt. Die bei Änderung des Aggregatzustandes des im Boden befindlichen Wassers umgesetzten Wärmemengen bleiben hierbei außer Ansatz. Die einfachen Gesetze der Wärmeleitung, welche auf der Annahme beruhen, daß der Wärmestrom, d. h. die in der Zeiteinheit durch die horizontale Flächeneinheit strömende Wärmemenge, dem Temperaturgefälle proportional ist, können aber nur als Annäherungen an die wirklichen Vorgänge in der Natur gelten, denn ungleiche Beschaffenheit des Bodens, Wechsel des Wassergehaltes, Verdunstung und Kondensation, Gefrieren und Auftauen des Wassers und die Schneedecke bedingen mannigfache Abweichungen von der einfachen Theorie. Diese treten besonders in der Nähe der Oberfläche auf und beeinflussen daher den täglichen Gang, der sich in Schichten von geringer Tiefe abspielt, mehr als den jährlichen.

Betrachtet man die Gewässer, so treten die Bewegung der Wassermassen und das Eindringen der Strahlen in größere Tiefen gegenüber der eigentlichen Wärmeleitung in den Vordergrund. Die Oberfläche des festen Bodens erleidet unter dem Einflusse der Ein- und Ausstrahlung große Temperaturschwankungen, die aber stark abgeschwächt in die Tiefe geleitet werden. Für das Wasser ist das tiefe Eindringen der Temperaturänderungen charakteristisch, während diese an der Oberfläche verhältnismäßig gering sind.

Die jährliche Temperaturschwankung an der Oberfläche in Königsberg beträgt im Lande etwa 20°, im Kattegatt nur 15°; abgesehen von der obersten Schicht sind aber die Temperaturschwankungen im Wasser außerordentlich viel größer als im festen Boden. In 20 *m* Tiefe ist die jährliche Änderung im Boden unmerklich, während sie im Meer noch 9° beträgt.

Für Seewasser von 3 bis 2% Salzgehalt ist die Wärmekapazität = 0,96 bis 0,97. Die Wärmemenge, welche das Meer in der Nordsee und im Kattegatt im Sommer in seinen Tiefen aufspeichert und im Winter abgibt, berechnet

---

[1]) Vgl. auch dieses Jahrbuch **15.** p. 298.

[2]) Ill. Aeronautische Mitteilungen 1904. 7. Heft. p. 213 u. ff.

sich zu 44 000 Kalorien pro Quadratzentimeter und beträgt das 24-fache des jährlichen Wärmeaustausches im festen Lande.

Die Temperaturverteilung in der Atmosphäre stellt Prof. Schubert auf Grund der Ergebnisse der Berliner Luftfahrten dar, wie sie in dem von Aßmann und Berson herausgegebenen Werke[1]) niedergelegt sind. Den direkten Beobachtungsergebnissen hat er durch graphische Ausgleichung eine allgemeinere Bedeutung gegeben. Einerseits sind sie am Boden an die vieljährigen Normalmittel für Berlin angeschlossen, und nach oben hin wurden sie durch Anlehnung an die von Teisserenc de Bort für Paris gefundenen bis 10 *km* Höhe geltenden Temperaturen ergänzt. Die so erhaltenen Kurven geben eine übersichtliche Charakteristik der einzelnen Jahreszeiten in bezug auf die Temperatur: Die größere Kälte des Winters und die hohe Sommertemperatur finden sich in zunehmendem Maße in den untern Schichten der Atmosphäre und besonders nahe am Boden ausgeprägt. Frühling und Herbst schließen sich unten wie oben an das Jahresmittel an und haben ihre größte Abweichung in den mittlern Schichten, wo der Frühling am kältesten, der Herbst am wärmsten ist. In der obern Hälfte stimmen Frühling und Winter nahezu überein, während dort die Herbsttemperaturen etwas unter denen des Sommers bleiben. Aus der Temperaturverteilung folgt, daß das Gleichgewicht im Winter in der ganzen Atmosphäre stabiler, im Frühlinge oben stabiler, unten weniger stabil, im Sommer in der ganzen Atmosphäre weniger stabil und im Herbste oben weniger stabil, unten stabiler ist als im Jahresdurchschnitte.

Als „Wärmegehalt der Atmosphäre" bezeichnet Prof. Schubert mit W. v. Bezold die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Luft bei konstantem Drucke von einer Anfangstemperatur auf die jeweilige Temperatur zu bringen, und bezieht die Größe auf eine über der Flächeneinheit stehende Luftsäule. Beträgt der Luftdruckunterschied zweier Horizontalflächen 1 *mm*, so enthält das zwischen ihnen liegende Stück der Luftsäule von 1 *qcm* Querschnitt 1,36 *g* Luft. Da die spezifische Wärme der Luft bei konstantem Drucke = 0,238 ist, ergibt sich als Anzahl der Wärmeeinheiten, die zur Erhöhung der Temperatur um einen Grad für jenes Stück der Luftsäule erforderlich ist, 0,238 . 1,36 = 0,324. Zur Änderung der Temperatur vom Ausgangspunkte t_0 auf t Grad sind demnach 0,324 $(t - t_0)$ Kalorien pro Quadratzentimeter nötig. Mit andern Worten: um den Wärmegehalt einer Luftschicht für die Druckstufe von 1 *mm* zu finden, multipliziert man die Temperatur mit dem Faktor 0,324.

Als Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Stande des Wärmegehaltes oder den jährlichen Wärmeaustausch für Berlin findet Prof. Schubert 2620 kal./*qcm*, d. h. es bedarf einer Wärmemenge von 2620 Grammkalorien, um eine Luftsäule von 1 *qcm* Querschnitt bei konstantem Drucke von ihrem tiefsten Temperaturstande im Jahre auf den höchsten zu bringen.

Die Wärme, welche den Gewässern, dem feuchten Erdboden, sowie dem in der Luft schwebenden flüssigen Wasser zugeführt wird, dient nur zum Teile zur Temperaturerhöhung. Ein anderer Teil wird zur Verdampfung von Wasser verbraucht. Umgekehrt wird beim Übergange von Wasserdampf in die flüssige Form wieder Wärme frei. Um die Bedeutung der Verdunstungs- und Kondensationswärme für den jährlichen Energiehaushalt der Atmosphäre zu ermitteln, hat Prof. Schubert zunächst den Wasserdampfgehalt der Luft in den verschiedenen Jahreszeiten festgestellt und dabei wieder die Ergebnisse der Berliner Luftfahrten zugrunde gelegt.

Er findet, daß der Herbst am wenigsten vom Jahresdurchschnitte abweicht, der Sommer am meisten. Die größte Zunahme zeigt sich vom Frühlinge zum Sommer, die Abnahme vom Sommer zum Winter verteilt sich gleichmäßig auf die beiden Zwischenzeiten. Der Wassergehalt im Sommer übertrifft den im Winter um 1,44 *g*/*qcm*. Legt man nach W. v. Bezold einen

---

[1]) Wissenschaftliche Luftfahrten. Braunschweig 1899—1900. 3.

mittlern Wassergehalt von 1,65 *g/qcm* zugrunde, so ergeben sich als Jahreszeitmittel für

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	
1,01	1,40	2,45	1,74	*g/qcm*

Das gesamte dampfförmige Wasser der Atmosphäre würde also im flüssigen Zustande den Boden im Winter 1,0, im Sommer 2,5 *cm* hoch bedecken. Diese Größen und ihr Unterschied sind auffallend gering im Vergleiche zur jährlichen Niederschlagsmenge, die für das nördliche und mittlere Deutschland 60 *cm* beträgt. Es erhellt daraus, wie oft das herabfallende Wasser wieder durch seitliche Zuführung und örtliche Verdunstung ersetzt werden muß.

Prof. Schubert untersucht nun die Rolle, welche der Wasserdampf und die jährliche Änderung seiner Menge im Energiehaushalte der Atmosphäre spielt. Um eine ungefähre Vorstellung von der Größe dieses Einflusses zu verschaffen, geht er von der Annahme aus, daß rund 600 Kalorien Wärme zur Verdunstung von einem Gramm Wasser erforderlich sind. Man hat dann die vorstehenden Zahlen mit 600 zu multiplizieren, um die Wassermengen in Energiemenge umzusetzen. Wenn also der Wasserdampfgehalt vom Winter zum Sommer um 1,44 *g* pro Quadratzentimeter zunimmt, so entspricht das einer Energiemenge von rund 860 Kalorien pro Quadratzentimeter. Dieser Betrag tritt zu der Energievermehrung, welche mit der Temperaturerhöhung verbunden ist, hinzu.

Als gesamter jährlicher periodischer Energieumsatz der Atmosphäre einschließlich der Dampfwärme findet Prof. Schubert den Wert 3600 Kalorien pro Quadratzentimeter und ferner, daß der Energieumsatz durch die Dampfwärme an der Erdoberfläche doppelt so hoch (75%) ist wie für den Durchschnitt der ganzen Atmosphäre (37%). Indem er die erhaltenen Resultate zusammenstellt, gibt er für den jährlichen Wärmeaustausch folgende Werte in Grammkalorien pro Quadratzentimeter:

Sandboden (Eberswalde)	1 850
Atmosphäre ohne Dampfwärme (Berlin)	2 620
„ mit „ „	3 600
Ost- und Nordsee (Dänische Stationen)	44 000

Prof. Schubert untersucht nun den jährlichen Gang des Wärmegehaltes auf Grund der einzelnen Monatswerte, die er für den Erdboden aus den Beobachtungen zu Eberswalde, für das Meer aus fünf dänischen Ost- und Nordseestationen berechnet und durch Kurven darstellt, die ein anschauliches Bild vom jährlichen Gange des Wärmegehaltes in Boden, Wasser und Luft geben. Das außerordentliche Überwiegen des Wärmeumsatzes im Meer und das verschiedene Verhalten der festen und flüssigen Erdoberfläche fällt bei diesen in die Augen. „Der feste Boden speichert im Frühlinge und Sommer wenig Wärme in der Tiefe auf, erhitzt sich stark an der Oberfläche und gibt viel Wärme an die Luft ab. Das Meer speichert viel Wärme in seinen Tiefen auf, erhöht seine Oberflächentemperatur nur wenig und gibt auch entsprechend weniger Wärme an die Luft ab; es wird also im Vergleiche zum Festlande im Frühjahre und Sommer auf das Ansteigen der Lufttemperatur eine zurückhaltende Wirkung ausüben. Umgekehrt vermag im Herbste und Winter der feste Boden wenig Wärme aus der Tiefe zu entnehmen, seine Oberfläche und die überlagernde Luft kühlt sich stark ab. Das Wasser dagegen gibt viel Wärme her und verzögert so die Abkühlung seiner Oberfläche wie der Luft. Die größte Wärmeaufnahme findet im Mai oder Juni, die bedeutendste Abgabe im Oktober oder November statt. Im Laufe des Oktobers gibt das Meer 15 mal soviel Wärme ab als die Atmosphäre unter Einrechnung der Dampfwärme und 32 mal soviel als der feste Erdboden. So stellt sich die See als ein Wärmebehälter und Regulator von außerordentlicher Mächtigkeit dar. Der darauf beruhende große Einfluß auf die Witterungsvorgänge in benachbarten Ländern läßt sich in mehrfacher Beziehung nachweisen. Die Wärmeübertragung von der Meeresoberfläche an die benachbarte Luftschicht ist abhängig von dem

Temperaturgefälle an der Grenze von Meer und Luft. Nach den Beobachtungen der dänischen Stationen ist die Meeresoberfläche von April bis Juli kälter, sonst wärmer als die überlagernde Luft. Wie die Wärmeabgabe des Meeres ist auch der Temperaturüberschuß der Meeresoberfläche im Oktober und nächstdem in den folgenden beiden Monaten am größten. Im Jahresdurchschnitte ist die oberste Wasserschicht einen halben Grad wärmer als die unterste Luftschicht. Ein Grund hierfür liegt darin, daß erwärmtes Wasser aufsteigend und abgekühlte Luft absteigend das Bestreben haben, sich der Meeresoberfläche zu nähern. Auch der Gang der Lufttemperatur im Seeklima zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Wärmehaushalte des Meeres. So ist z. B. die jährliche Temperaturschwankung auf der Nordseeinsel Helgoland nur ein Viertel so groß wie auf der rein kontinentalen Station Irkutsk in Ostsibirien. Nur im Juni und Juli ist Helgoland kälter, sonst wärmer. Der Temperaturüberschuß der Insel beträgt im Januar 4.5°, nimmt dann ab, um vom Juli an wieder zu steigen. Die größte Zunahme findet auch hier im Oktober und nächstdem im November statt. In diesen Monaten trägt das Meer durch Wärmeabgabe am reichlichsten dazu bei, das Sinken der Lufttemperatur zu verlangsamen. Die Wirkung des Meeres findet nicht nur durch direkten Temperaturausgleich statt, sondern auch durch Verdampfung und Freiwerden der Kondensationswärme bei der Niederschlagsbildung. Auf dem Festlande, insbesondere in Norddeutschland, ist die Niederschlagsmenge im Sommer am größten. Wenn nun die reichliche Hergabe von Wärme und Wasserdampf von seiten des Meeres im Herbste fördernd auf die Niederschlagsbildung einwirkt, so wird sich an der Küste eine Verschiebung der größten Regenhöhe vom Sommer nach dem Herbste hin bemerkbar machen müssen. Die Niederschlagsmengen für die deutsche Nordseeküste zeigen in der Tat einen entsprechenden jährlichen Gang: ihr Maximum fällt auf den September. Beachtet man, daß zur Verdampfung einer Wasserschicht von 1 *cm* Höhe eine Wärmemenge von 600 Kalorien pro Quadratzentimeter erforderlich ist, so zeigt sich, daß die im Herbste vom Meere gelieferten Wärmesummen nicht unbeträchtlich größer sind, als es der Niederschlagsmenge für dieselben Zeiträume und gleiche Flächen entspricht. Die vom Meere durch Vermittlung des Wasserdampfes abgegebene Wärme kommt vornehmlich den Schichten der Atmosphäre zugute, in denen die stärkste Wolkenbildung stattfindet. Durch vermehrte Wolkenbildung wird aber wiederum die Ausstrahlung und Abkühlung der Erdoberfläche im Herbste und Winter verringert."

Schließlich untersucht Prof. Schubert auch die Phasen des jährlichen Ganges des Wärmegehaltes. Hiernach bleibt der Wärmegehalt des Erdbodens der Temperatur der Erdoberfläche im jährlichen Gange um ein Achtel der ganzen Periode zurück. Der Wärmegehalt der ganzen Atmosphäre (ohne Dampfwärme) zeigt gegenüber der Temperatur oder dem Wärmegehalte der untersten Luftschicht über dem Festlande eine Verspätung von 0.83 Monat, die sich bei der Berücksichtigung der Dampfwärme auf 0.54 Monat ermäßigt. Am schnellsten, nämlich mit einer Verzögerung von 0.39 Monat, folgt die Meereswärme der allerdings etwas unter der Oberfläche gemessenen Temperatur der Grenzschicht. Der Wärmegehalt ohne und der mit Berücksichtigung der Dampfwärme zeigen in der untersten Luftschicht zueinander entgegengesetztes Verhalten wie in der ganzen Atmosphäre. Der Wasserdampf übt am Boden eine verzögernde, im ganzen Luftmeere dagegen eine beschleunigende Wirkung aus. Am Boden gehen die Temperaturänderungen infolge von Ein- und Ausstrahlung voran, die hiervon beeinflußten Änderungen des Wasserdampfgehaltes folgen. In der Höhe macht sich die Zu- und Abführung des Wassers überwiegend bemerkbar, indem die Dampfmenge sich schneller, als es dem Temperaturgange entspricht, ändert. Demgemäß zeigen auch die Temperatur und der Wärmegehalt der einzelnen Schichten ohne und mit Dampfwärme voneinander abweichende Verzögerungen mit wachsender Höhe oder abnehmendem Drucke.

Die Bedeutung des Ozeanes für die Konstanz des atmosphärischen Kohlensäuregehaltes ist von Prof. A. Krogh (Kopenhagen) durch experimentelle Studien klar gelegt worden.[1]) Von dieser Arbeit gibt Prof. Hann eine lichtvolle Analyse, der das Nächstfolgende entnommen ist. Das Meerwasser enthält einen Überschuß an Basen, es reagiert alkalisch. Dies hat Dittmar konstatiert, und Tornöe hat die alkalische Reaktion des Meerwassers direkt nachgewiesen. Tornöe fand auch, daß der Überschuß der Basen (Kalk und Magnesia) mit Kohlensäure kombiniert ist. Für den Nordatlantischen Ozean fand Tornöe die Alkalinität des Wassers 52.8 *mg* oder 26.9 *ccm* CO_2 pro *l*, die totale Quantität von CO_2 aber zu 96.4 *mg* = 49.1 *ccm* pro *l*.

Unter der Alkalinität des Wassers versteht man gewöhnlich die Quantität von CO_2 in Kubikzentimetern, die nötig wäre, um die überschüssigen Basen in 1 *l* Seewasser in normale Karbonate zu verwandeln. Dittmar hat nachgewiesen, daß trotzdem das Wasser keine Kohlensäure von der Luft aufnimmt, sondern beim Schütteln mit Luft (vom gewöhnlichen CO_2-Gehalt) im Gegenteil CO_2 an die Luft abgibt. Er erkannte daraus, daß die gelösten Bikarbonate einen Dissoziationsdruck besitzen.

Dr. A. Krogh weist nun nach, daß einer der Hauptfaktoren (abgesehen von der Temperatur), von denen dieser Dissoziationsdruck abhängt, in dem Verhältnisse liegt, in welchem die Quantitäten der Bikarbonate und der normalen Karbonate in der Lösung vorhanden sind. In dem Meerwasser sind gleichzeitig vorhanden: normale Karbonate, Bikarbonate, Basen und freie aufgelöste Kohlensäure.

Die freie CO_2 im Seewasser übt einen gewissen Gasdruck aus, welcher variiert mit dem totalen vorhandenen Betrage von CO_2 und der Alkalinität des Wassers. Dieser Gasdruck kann leicht bestimmt werden durch einfaches Schütteln des Wassers mit einem geringen Volumen Luft, worauf dann der Druck von CO_2 in dieser Luft gemessen wird. Dieser Druck ist gleich jenem im Wasser, indem beide durch das Schütteln ins Gleichgewicht gebracht worden sind. Der Vorgang gibt ausgezeichnete Resultate bei Süßwasser wie bei Seewasser und kann rasch ausgeführt werden nach dem Apparate von Haldane oder Pettersson und Sonden zur Bestimmung kleiner Mengen von CO_2.

Seewasser liefert nun das Resultat, daß ein vergleichsweise großer Betrag von CO_2 absorbiert werden kann, während der entsprechende Druck bloß eine sehr kleine absolute Änderung erleidet, vorausgesetzt, daß die Alkalinität konstant bleibt. Wasser z. B. von der Alkalinität 23 und einem Gehalte von CO_2 = 36.7 *ccm* pro *l*, kann 4.3 *ccm* dieses Gases absorbieren, während der Druck, gemessen wie oben beschrieben, bloß von 0.015% auf 0.0295% einer Atmosphäre

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1905. p. 89.

zunimmt. Mit andern Worten: Luft mit dem Wasser von ursprünglicher Beschaffenheit geschüttelt, enthält 1.5 Teile CO_2 auf 10000, während nach der Absorption die Luft, ähnlich behandelt, 2.95 Teile pro 10000 enthalten würde.

Infolge dieses Druckes der Kohlensäure findet ein konstanter Austausch statt zwischen jeder Wasseroberfläche, ob Süß- oder Seewasser, und der Luft darüber, je nachdem der Druck der CO_2 im Wasser größer ist oder in der Luft, der Effekt ist, daß der Ozean als ein Regulator des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre wirkt, indem er jede Abweichung von dem normalen Verhältnisse kompensiert. Der Druck von CO_2 in der Luft ist jetzt ca. 0.03% einer Atmosphäre (3 Volumina pro 10000); der absolute Betrag von CO_2 in der ganzen Atmosphäre berechnet sich daraus zu 2.4×10^{12} Tonnen, während die Quantität von CO_2 in den Ozeanen 27mal so groß angenommen werden muß.

Um den Gehalt der Atmosphäre an CO_2 auf 0.04% zu steigern, würde zuerst nötig sein, $\frac{1}{3}$ von dem jetzigen Betrage hinzuzufügen. Der Druck von CO_2 würde aber durch die Absorption von CO_2 durch das Meerwasser allmählich wieder abnehmen, und aus den Versuchen von Dr. A. Krogh ergibt sich, daß, um den Ozean ins Gleichgewicht mit der geänderten Atmosphäre zu bringen, eine weitere Zugabe vom zweifachen Betrage des ersten nötig werden würde, was einer totalen Zugabe von CO_2 im Betrage von 5.6×10^{12} Tonnen entsprechen würde. Dieses Rechnungsergebnis zeigt, daß enorme Änderungen nötig wären, um eine Variation des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre hervorzubringen.

Der Austausch von CO_2 zwischen Meer und Luft ist auch durchaus kein so langsamer Prozeß, sondern findet mit bemerkenswerter Geschwindigkeit statt. Eine Druckdifferenz z. B. von bloß 0.001 einer Atmosphäre zwischen Meerwasser und Luft, d. i. eine Vermehrung um 0.1 Volumenprozent CO_2 in der Atmosphäre, würde eine Absorption von 0.525 *ccm* CO_2 pro *qcm* der Meeresoberfläche pro Jahr hervorrufen oder eine totale Absorption von 3.85×10^9 Tonnen CO_2.

Der Verf. betrachtet von diesem Gesichtspunkte aus die Zunahme des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre infolge der Verbrennung der Kohlen, welche jährlich auf ca. $^1/_{1000}$ von dem jetzigen CO_2-Gehalte der Atmosphäre geschätzt werden kann, so daß in 1000 Jahren, vorausgesetzt die Kohlenvorräte seien bis dahin nicht erschöpft, der CO_2-Gehalt der Atmosphäre von 0.03 auf 0.06 Volumenprozente zunehmen würde. Aber sowie die Zunahme von CO_2 sich nur von 3.0 auf 3.1 erhöht, wird der Ozean CO_2 absorbieren, fast so rasch, als die Vermehrung erfolgt, und mit Rücksicht auf obige Ausführungen kann man sagen, daß nach 1000 Jahren, infolge der großen Mengen CO_2, die nötig sind, um den Ozean ins Gleichgewicht zu bringen, der CO_2-Gehalt auf nicht mehr als 3.5 Hunderstel Volumenprozente gestiegen sein würde.

Über die große Frage, ob die Produktion von CO_2 im ganzen größer ist als deren Bindung und Zersetzung, ist nichts Sicheres bekannt. Es sind aber Anzeichen vorhanden, daß dieser Bestandteil der Atmosphäre in Zunahme begriffen ist. Das hauptsächlichste Argument dafür besteht in der Tatsache, daß über dem Ozeane der Druck der Kohlensäure bestimmt niedriger ist als über dem Lande, was darauf hinweist, daß die Luft von irgend einer Quelle her einen stetigen Zufluß von Kohlensäure erfahren muß, durch welchen diese Differenz des Druckes erhalten bleibt.

Lufttemperatur.

Die Verteilung der solaren Wärmestrahlung auf der Erde ist von Dr. Fr. Hopfner mathematisch dargestellt worden.[1] Unter Voraussetzung einer kreisförmigen Erdbahn findet er folgende Resultate, die jedoch auch bei der geringen Exzentrizität der Erdbahn keine wesentliche Änderung erfahren.

Für jede Hemisphäre existieren drei voneinander verschiedene Typen des solaren Wärmeganges.

Der erste Typus, der äquatoriale, tritt auf bei allen Breiten zwischen dem Äquator und der Breite φ_0.[2] Er ist charakterisiert durch zwei Maxima und zwei Minima im Laufe eines Jahres. Die Maxima treten im Sommer der betreffenden Hemisphäre gleichzeitig vor und nach der Sonnenwende auf, die Minima zur Zeit der Solstitien selbst. Dabei fällt das tiefere Minimum, das Hauptminimum, in das Wintersolstitium, das flachere in das Sommersolstitium der betreffenden Halbkugel.

Der zweite Typus im solaren Wärmegange tritt auf zwischen den Breiten φ_0 (einschließlich) und $90°—\varepsilon$. Hier weist der solare Wärmegang ein Maximum und ein Minimum auf, ersteres zur Zeit des Sommersolstitiums, letzteres im Wintersolstitium der betreffenden Hemisphäre.

Der dritte Typus, der polare, zeigt sich in den Breiten von $90°—\varepsilon$ (einschließlich) bis zum Pole. Hier sind die Breiten eine gewisse Zeit des Jahres unbestrahlt; das Maximum der Strahlung fällt in das Sommersolstitium der betreffenden Halbkugel.

Es erhält die eine Hemisphäre in dem einen halben Jahre, während sich die Erde von dem einen Äquinoktialpunkte bis zum andern bewegt, eben so viel Wärme zugestrahlt wie die andere Hemisphäre in dem andern Halbjahre. Daraus ergibt sich aber der wichtige, schon viel diskutierte Satz, daß im Laufe eines ganzen Jahres jede Halbkugel gleich viel Wärme zugestrahlt erhält.

---

[1]) Sitzungsber. d. k. k. Akademie in Wien, mathem.-naturwiss. Klasse. **114**, Abt. IIa. Oktober 1905.

[2]) Für eine Schiefe ε der Ekliptik von 23° 27′ ergibt sich φ_0 zu 22° 33′.

Der tägliche Gang der Temperatur in der innern Tropenzone ist von Prof. J. Hann untersucht worden.[1])

Die erhebliche Unsicherheit der Temperaturmittel aus den Tropen hat den Verfasser veranlaßt, eine der Ursachen derselben, die mangelnde Kenntnis der Korrektionen, die an die Mittel verschiedener Kombinationen von Terminaufzeichnungen anzubringen sind, aus dem Wege zu räumen. Er hat zu diesem Zwecke alle ihm zugänglichen stündlichen Temperaturaufzeichnungen zunächst aus dem innern Tropengebiete gesammelt und zu einem größern Teile selbst erst berechnet. Es gelang ihm, für 32 Orte zwischen ca. 16° N. und 16° S. den täglichen Wärmegang in Form von Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel darzustellen und derart die erwähnten Korrektionen zu gewinnen. Die Orte, deren täglicher Temperaturgang mitgeteilt wird, sind: I. Afrikanisches Tropengebiet: Tanga, Dar-es-Salâm, Kibosha (am untern Urwaldrande des Kilimandscharo), Kwai (W-Usambara), Tabora, Tosamaganga (Uhehe), Kigonsera (alle in Deutsch-Ostafrika), ferner Boroma (am Zambesi), Timbuktu, Bismarckburg, Christiansburg, Loanda, Ascension, St. Helena; II. Amerikanisches Tropengebiet: Camp Jacob (Guadeloupe), Port au Prince, Chimax bei Coban (Guatemala), Guatemala, San José de Costarica, Alhajuela (Isthmus von Panama), La Boca (Panama), Pará, Quixeramobim (Céara), Mollendo, Arequipa; III. Asiatisches und australisches Tropengebiet: Trevandrum und Agustia Pik (Travancore), Madras, Singapore, Batavia, Manila, Port Darwin.

Der tägliche Temperaturgang an jedem dieser Orte wird in einem speziellen Teile mit Beziehung auf die korrespondierenden Mittelwerte der Bewölkung und der Regenverhältnisse beschrieben, und es werden die Eintrittszeiten der täglichen Extreme sowie des Tagesmittels der Temperatur berechnet.

Für eine Anzahl von Stationen wird der tägliche Gang auch durch trigonometrische Reihen dargestellt. Es zeigt sich eine sehr bemerkenswerte Übereinstimmung der Phasenzeiten der ganztägigen und der halbtägigen Welle, und die Amplituden derselben stehen in einem nahezu konstanten Verhältnisse. Die Amplitude der halbtägigen Welle beträgt ca. 0.3 von jener der ganztägigen Welle, und die Amplitude der dritteltägigen Welle beträgt ca. ein Viertel von jener der halbtägigen, ist demnach schon recht unbedeutend.

Die Berechnung der Korrektionen der Mittel aus verschiedenen Kombinationen von Terminaufzeichnungen ergibt, daß das Mittel (7 + 2 + 9 + 9) : 4 auch in den Tropen, wie bei uns, geringer Korrektionen bedarf; das Mittel (7 + 2 + 9) : 3 ist besser als in den gemäßigten Breiten, es bedarf einer geringern Korrektion, auch das Mittel

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1905. p. 155.

(6 + 2 + 8) : 3, das in den Tropen vielfach benutzt wird, erheischt nur geringe Korrektionen. Dagegen ist das Mittel der täglichen Extreme zu vermeiden, die Korrektionen desselben sind sehr variabel nach Jahreszeit und Ort, sie erreichen und überschreiten örtlich einen vollen Grad, dabei schwankt die Korrektion nach den Monaten manchmal von 0 bis 1°, so daß der jährliche Gang der Temperatur durch die Mittel der täglichen Extreme ganz gefälscht werden kann. Die Verwendung, ja leider Bevorzugung der Mittel der täglichen Extreme ist eine der Ursachen, durch welche eine große Unsicherheit in die Temperaturmittel aus den Tropen gebracht worden ist.

Über die Temperaturabnahme mit der Höhe teilt E. Rosenthal Untersuchungen mit.[1]) Soweit es das immerhin ziemlich dürftige Material erlaubt, glaubt Verf. daraus folgende Schlüsse ziehen zu können:

„1. Die Verhältnisse in der untersten „gestörten" Schicht bis zu etwa 1 *km* Höhe sind wenig regelmäßig, und daher fallen die von verschiedenen Autoren berechneten Temperaturgradienten recht verschieden aus. So findet Hann für die Sommermonate überhaupt höchstens 6 bis 7°, Homma dagegen für Berlin 11°. Die von mir berechneten Fälle von Depressionszentren ergeben für die Berliner Drachenaufstiege ebenfalls 11°, für zwei internationale Fahrten nur 6°, für einen Fall im Winter 3°, während Hann für Depressionen überhaupt im Sommer fast 4°, im Winter 3° findet. Es spielen hier möglicherweise außer der regelmäßigen Erwärmung oder Abkühlung des Bodens durch Strahlung noch andere Ursachen mit. Bei einer allgemeinen Charakteristik der großen atmosphärischen Störungen wird man also die unterste Schicht unberücksichtigt lassen müssen.

2. Für das Höhenintervall von 1 bis 5 oder 6 *km* beträgt in Zyklonen die Temperaturabnahme sehr gleichmäßig $5\frac{1}{2}$° rund per Kilometer sowohl im zentralen Teile der Minima als auch in ihren Randgebieten. Die Abweichungen von diesem Mittelwerte sind in der Regel kleiner als 1°.

3. Höher als 5 bis 6 *km* scheint die Temperaturabnahme in Zyklonen, wenigstens im Sommer, etwas größer zu werden und etwa 7° zu betragen. Das geringe zurzeit vorliegende Material gestattet aber nicht, diese Behauptung sicher zu begründen.

4. Ein merklicher Unterschied zwischen innern und äußern Gebieten einer Zyklone scheint nicht zu bestehen."

In bezug auf die Methode, nach der die oben angeführten Zahlen gewonnen wurden, bemerkt Verf., daß er zunächst nach den direkt beobachteten Zahlen Zustandskurven zeichnete, eventuell für Auf-

---

[1]) Ill. Aeronautische Mitt. 1905. p. 117 ff.

stieg und Abstieg besonders. Durch die so erhaltenen, meist noch etwas unregelmäßigen Linien wurden dann möglichst kontinuierliche Kurven gezogen und den letztern dann die hier publizierten Zahlen entnommen.

Die warme Luftschicht in großen Höhen der Atmosphäre ist von H. Hergesell nach den Angaben eines in Straßburg am 9. Februar 1905 emporgesandten Registrierballons untersucht worden.[1]) Die Höhen des Ballons wurden trigonometrisch ermittelt. Die warme Schicht zeigt sich in 11 400 *m* Höhe, nachdem der Ballon 30 Minuten gestiegen war. Die Temperaturabnahme hört hier (bei — 69°) plötzlich auf und geht in eine scharfe Zunahme über, die mit wachsender Höhe kleiner wird; die Temperaturverteilung zeigt jene eigentümliche Schichtung, die Teisserenc de Bort hervorgehoben hat. In der Maximalhöhe von 15 080 *m* war die Temperatur auf — 57° gestiegen, also für 3680 *m* um 12°. Der Abstieg bietet ganz analoge Verhältnisse. Nachdem der Ballon in 15 080 *m* geplatzt war, fiel er, die Temperatur sank wieder, und der Wendepunkt, also die untere Grenze der warmen Schicht, wurde in 11 300 *m* erreicht. Auch die Feuchtigkeitskurve zeigt beim Übergange in die warme Schicht einen starken Knick, und zwar sowohl beim Eintritte wie beim Austritte. Wenn auch die numerischen Werte, welche das Haarhygrometer bei solchen tiefen Temperaturen gibt, nicht sehr zuverlässig sind, so scheint doch die warme Schicht jedenfalls eine größere relative Feuchtigkeit besessen zu haben.

Sehr wichtig sind die Ergebnisse der Visierungen des Ballons; sie beweisen, daß die Windverhältnisse sich beim Erreichen der warmen Schicht völlig verändert haben. Unten herrschten nordöstliche Winde, die an der Erdoberfläche schwach waren, mit der Höhe an Stärke zunahmen und in 10 000 *m* eine Geschwindigkeit von etwa 30 *m/sec*, also einen Oststurm, zeigen. Nachdem der Ballon die warme Schicht erreichte, nahm die Windstärke bedeutend ab, die Richtungen gingen über N. in NW. über, und in 13000 bis 15080 *m* Höhe herrschte NW. mit etwa 14 *m/sec*. Die warme Schicht unterbricht also nicht nur den stetigen Verlauf von Temperatur und Feuchtigkeit, sondern repräsentiert eine völlig andere Luftströmung. In den großen Höhen existierte ein ostwärts gerichteter Luftstrom, der unabhängig von den Strömungen der untern Schichten, in denen die Mischungen vertikaler Strömungen eine fast adiabatische Temperaturabnahme bedingen, wie die Temperaturverteilung zeigt, keine vertikalen Strömungen enthielt, sondern eine warme, feuchte Strömung darstellt. Deren Herkunft muß durch weitere Beobachtungen aufgeklärt werden.

---

[1]) Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 1905. **1**. p. 143.

Die Temperaturschwankungen in den höchsten Regionen der Atmosphäre. Teisserenc de Bort berichtet über die durchschnittlichen Ergebnisse der während drei Jahren von ihm vorgenommenen Aufzeichnungen der Temperatur in großen Höhen durch Sondierballons.[1]) In Höhen zwischen 3 und 10 *km* verlaufen die Isothermen ziemlich parallel, und von Tag zu Tag beschränkt sich ihre Änderung darauf, innerhalb ziemlich enger Grenzen auseinander zu gehen und aneinander zu rücken, aber man trifft hier keine geschlossenen Kurven. In den untern Partien (2 bis 3 *km* Höhe) hingegen sieht man, selbst wenn man die ersten 300 bis 400 *m*, die direkt vom Boden abhängig sind, beiseite läßt, daß die Isothermen zahlreiche Einbiegungen und oft geschlossene Kurven zeigen, entsprechend den Temperaturumkehrungen, und der Abstand zwischen den Isothermen schwankt oft vom Einfachen zum Dreifachen. In der hohen Atmosphäre (oberhalb 10 *km*) endlich findet man noch viel ausgesprochener die Unregelmäßigkeit in der Temperaturverteilung wieder, die man in den untern Regionen angetroffen hat.

In der sogenannten isothermen Zone beobachtet man ein nahezu vollständiges Aufhören der Temperaturabnahme mit der Höhe, das in der Mehrzahl der Fälle fast plötzlich stattfindet; aber einerseits erfolgt dieses Aufhören in verschiedenen Höhen, und anderseits ändert sich der absolute Wert der Temperatur von einem Tage zum andern so stark, daß die Zeichnung der Isothermenlinien mehrerer aufeinander folgender Tage ein ziemlich kompliziertes Bild darbietet und einen so entschieden eigentümlichen Charakter, daß man auf den ersten Blick und auch ohne Prüfung der barometrischen Werte ein System von Isothermen dieser Region nicht verwechseln kann mit den Isothermen des mittlern Teiles der Atmosphäre.

In einer gegebenen Höhe, z. B. von 11 *km*, ist die Temperaturabnahme bald eine schnelle oder Null, bald wird sie durch eine Temperaturzunahme ersetzt, welche an die Umkehrungen der untern Schichten erinnert. In dieser Zone ist es, wo man Isothermen fast senkrecht zu einer Höhe von 3 oder 4 *km* aufsteigen sehen kann.

Man muß hiernach feststellen, daß fern vom Boden, der bisher als der größte Regulator der Lufttemperatur betrachtet wurde, die Temperatur in wenigen Tagen Abweichungen darbieten kann, die gleichwertig und selbst größer sind als die, welche die Temperatur zur selben Stunde und in demselben Zeitintervalle nahe am Boden zeigt.

Das Befremdende dieser Ergebnisse fällt nur auf, wenn man sie nach den Vorstellungen beurteilt, die bis vor wenigen Jahren geltend waren; „aber sie erscheinen weniger ungewöhnlich, wenn man annimmt, daß die Zone, in der die Temperatur mit der Höhe zu sinken aufhört, die Grenze desjenigen Teiles der Atmosphäre

[1]) Compt. rend. 1905. **140.** p. 467.

bildet, in dem die Bewegungen mit starker vertikaler Komponente entstehen. Dann kann man begreifen, daß, je größere Dicke die Schichten haben, welche Strömungen mit vertikaler Komponente, die Zyklone und Antizyklone, zulassen, desto mehr das Regime der systematisch abnehmenden Isothermen sich in die Höhe erstreckt, und desto niedrigere Werte die Temperatur, während sie zu sinken fortfährt, erreichen kann; und man versteht ferner, warum die Isothermen der hohen Atmosphäre bedeutende Schwankungen darbieten."

Die tiefste in der Atmosphäre angetroffene Temperatur. In der Nähe der Erdoberfläche beträgt die tiefste bis jetzt beobachtete Temperatur — 69.8° und diese wurde zu Werchojansk in Sibirien gefunden. Die in den letzten Jahren in die hohen Luftregionen gesandten Registrierballons haben indessen noch niedrigere Temperaturen angetroffen. Dr. A. de Quervain berichtet hierüber:[1]) Die tiefste so aufgezeichnete Temperatur war bis vor kurzem die am internationalen Aufstiegstage des Dezembers 1901 von den Ballonssondes von Trappes und Meudon gefundene. Die verschiedenen Thermographen der Ballons von Trappes zeigten damals von Minimalwerten — 72.9, — 69.0, —73.8, — 71.4° an, der gleichzeitig in Chalais-Meudon aufgestiegene Registrierballon zeigte das Minimum — 73.1° (im Mittel in 12 800 *m* Höhe).

Daß bei den Verhältnissen der hohen Atmosphäre, wie sie über Mitteleuropa bestehen, noch wesentlich tiefere Temperaturen in den Höhen bis 20 *km* gefunden werden könnten, sagt de Quervain, ist ziemlich unwahrscheinlich. Denn sobald ein Registrierballon überhaupt die Höhen von 12 oder 13 *km* erreicht, ist die tiefste von ihm aufgezeichnete Temperatur nicht mehr abhängig davon, wie hoch er weiterhin noch steigt, sondern nur davon, in welcher Höhe er jene neuerdings oft genannte obere Inversionsschicht trifft. In dieser Schicht nimmt die Temperatur zunächst wieder zu, unter Umständen um 10°; und wenn auch einige Kilometer höher oben öfters eine deutliche Temperaturabnahme zu konstatieren ist, so ist diese doch so gering im Vergleiche mit der Temperaturabnahme unterhalb jener Inversionsschicht, daß der Betrag der Minimaltemperatur fast immer davon abhängt, wie bald jene starke Abnahme durch die Inversionsschicht abgeschnitten wird. Nun hat L. Teisserenc de Bort, an dessen Observatorium in Trappes jene wärmere Inversionsschicht zum ersten Male mit Sicherheit am 8. Januar 1899 festgestellt wurde, seither durch eine große Zahl von Aufstiegen nachgewiesen, daß die später auch von andern gefundene Inversionsschicht bedeutenden Höhenschwankungen unterliegt, derart, daß sie in barometrischen Depressionen schon in 8000 *m* Höhe angetroffen werden kann,

---

[1]) Aeronautische Mitteilungen 1905. p. 153.

während sie in Hochdruckgebieten erst in etwa 12000 *m* erreicht wird. Demnach werden auch in den Hochdruckgebieten die tiefsten Temperaturen der höhern Schichten getroffen werden, weil dort oben bis zu großen Höhen die Temperaturabnahme fortdauert. Auch das oben angeführte Beispiel der bisher tiefsten Temperatur gehört einem barometrischen Maximum an.

Da nun jene warme Schicht kaum je höher als in 13000 *m* gefunden worden ist, war damit auch eine gewisse Grenze für die möglichen Minimaltemperaturen gegeben. Diese Grenze konnte sich aber nur auf die Verhältnisse beziehen, wie sie in der Atmosphäre oberhalb des westeuropäischen Kontinents herrschen. In andern Gebieten des Luftmeeres konnten andere Bedingungen erwartet werden. Den ersten Versuch in der Richtung dieses Problems stellen die 25 Registrierballonaufstiege dar, die im Auftrage von L. Teisserenc de Bort im Winter 1901 in Moskau, also in möglichst kontinentaler Lage, vom Verf. durchgeführt worden sind. Da bei jenen Aufstiegen aber nur Leuchtgas zur Verfügung stand, wurden Höhen über 12000 *m* nicht erreicht und in der vorliegenden Frage nur die negative Feststellung gemacht, daß an jenem nach dem Innern des Kontinentes vorgeschobenen Punkte jedenfalls keine besondere Senkung jenes mysteriösen Inversionsniveaus stattfand.

Nun sind in den letzten Monaten wiederum im Innern eines großen Kontinentes Teisserencsche Instrumente aufgestiegen, und zwar diesmal von Aßmannschen Gummiballons getragen. Bei diesen von L. Rotch in St. Louis veranstalteten Aufstiegen ist am 25. Januar letzthin in 14800 *m* eine Temperatur von — 85.6° registriert worden, und zwar auch diesmal in einem Hochdruckgebiete.

Die Feststellung dieser Minimaltemperatur, die die bisher bekannte gleich um zwölf Grade übertrifft (an der Zuverlässigkeit der von Rotch selbst gemachten Angabe darf wohl nicht gezweifelt werden), bietet ganz besonderes Interesse, da in Nordamerika erst wenige Aufstiege gemacht worden sind, und nun gleich einer der ersten aus jenen Schichten Angaben herunterbringt, die in Europa, soviel das Material bekannt ist, bei Hunderten von Aufstiegen nicht gefunden worden sind. Dies deutet darauf hin, daß über dem nordamerikanischen Kontinente tatsächlich Verhältnisse der höhern Atmosphärenschichten vorliegen, die von den unserigen verschieden sind. So hebt sich offenbar jene Inversionsschicht dort ebenfalls in der Antizyklone, aber entschieden bis zu größern Höhen als bei uns. Das ist der unmittelbare Schluß, der aus jener so tiefen Minimaltemperatur auch ohne die Höhenangabe mit großer Wahrscheinlichkeit hätte gezogen werden können. Daß die allgemeinen atmosphärischen Zirkulationsverhältnisse über den Vereinigten Staaten von den unserigen in wesentlichen Zügen abweichen, daß z. B. die Strömungen der obern Luftschichten dort viel weniger in Beziehung

stehen zu der Luftdruckverteilung am Erdboden als bei uns, ist eine in der Meteorologie schon wohlbekannte Tatsache, deren frühere Verkennung allerdings schon zu lebhaften Kontroversen zwischen amerikanischen und europäischen Meteorologen geführt hat.

Sehr tiefe Temperaturen in großen Höhen der Atmosphäre. R. Nimführ kommt bei Besprechung der internationalen Ballonaufstiege im März und April 1905 zu Wien auf die tiefen Temperaturen in großen Höhen zurück.[1]) Als tiefste Temperatur der freien Atmosphäre (bis etwa 15 *km* Höhe) galt bis vor kurzem der von Teisserenc de Bort bei den Ballonaufstiegen in Trappes am 5. Dezember 1901 gefundene Wert von rund 70° unter Null. Obwohl seither wieder eine recht beträchtliche Anzahl von Ballonfahrten ausgeführt wurde, hat man bei keiner derselben eine noch tiefere Temperatur vorgefunden. Trotzdem war es wenig wahrscheinlich, daß mit der Ziffer — 70° auch in der Tat schon die untere Grenze der Lufttemperaturen bis ca. 15 *km* Höhe gegeben sei. Es konnte vielmehr mit einiger Wahrscheinlichkeit vorausgesehen werden, daß man gelegentlich wohl noch auf weit tiefere Temperaturen stoßen werde. Die Ergebnisse der in Berlin ausgeführten täglichen Sondierungen der Atmosphäre mittels Drachen und Drachenballons haben gezeigt, daß die aperiodischen Temperaturschwankungen bis zu den höchsten noch erreichten Niveauflächen gelegentlich außerordentlich große Werte annehmen können. In der kältern Jahreszeit, namentlich im April, können in den Höhen von 2 *km*, 3 *km* und 4 *km* im Verlaufe von wenigen Tagen Temperaturschwankungen von 10 bis 15° vorkommen, während die gleichzeitig eintretenden unperiodischen Änderungen der Temperatur in den erdnahen Schichten und am Boden sehr klein bleiben oder ganz unmerklich sein können.

Wie ein vom Verf. aus den Berliner Drachenaufstiegen angeführtes Beispiel lehrt, können während eines Zeitraumes von bloß zwei Tagen, ohne daß die Wärme- und Druckverhältnisse an der Erdoberfläche eine wesentliche Änderung zeigen, Temperaturdifferenzen bis zu 16° in 4000 *m* Höhe auftreten, daher wird man nicht überrascht sein dürfen, gelegentlich auch noch weit größere Abweichungen von der normalen Temperatur in größern Höhen anzutreffen. „Setzten sich die Abweichungen im selben Sinne bis zu großen Höhen fort, so mußte man naturgemäß auch auf sehr wesentlich tiefere Temperaturen kommen, als man nach den bisherigen Erfahrungen im allgemeinen erwarten konnte. Zwei derartige Fälle traten hintereinander bei den internationalen Aufstiegen in Wien im März und April 1905 ein Die Aufstiegstage fielen zufälligerweise beide Male auf Termine, wo große Störungen des normalen Temperaturgefälles vorhanden waren, die sich im selben Sinne bis zu den

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 289.

größten erreichten Höhen fortsetzen und deshalb zu außergewöhnlich tiefen Temperaturen führten. Am 2. März wurde in einer Höhe von 9717 *m* eine Temperatur von — 85.4° registriert. Beim Aufstieg vom 4. April ergab sich für die Höhe von 11010 *m* die Temperatur — 79.6°. Es sind dies wohl die tiefsten Temperaturen, welche man bei Ballonfahrten über dem europäischen Kontinente bisher gefunden hat. Die durch den Registrierballon vom 2. März über Wien aufgezeichnete tiefste Temperatur ist nahezu gleich der von L. Rotch in St. Louis bei der Ballonfahrt vom Dezember 1905 erreichten Minimaltemperatur von — 85.6."

Rotch fand am 25. Januar bei einem von St. Louis aus veranstalteten Aufstiege die Minimaltemperatur von — 85.6° in 14800 *m* Höhe. In Wien wurden am 2. März — 85.4° in 9717 *m* registriert. Die Isotherme von — 85° lag also in Wien um mehr als 5000 *m* tiefer. Während die tiefsten Temperaturen bisher immer in einem Hochdruckgebiete gefunden wurden, fand der Wiener Aufstieg vom 2. März im Bereiche einer Depression statt, die sich von den Alpen bis zum ligurischen Meere erstreckte und das Wetter von ganz Mitteleuropa bis zur Nord- und Ostsee beherrschte. Über Mittel- und Südrußland lagerte seit 22. Februar ein stationäres intensives Hochdruckgebiet von 770 bis 775 *m*.

„Die Temperaturschichtung in der Vertikalen zeigt bei der Fahrt vom 2. März folgendes charakteristische Verhältnis. Es lassen sich, wie nachfolgende Zusammenstellung zeigt, fünf scharf getrennte Zonen unterscheiden. Die erste umfaßt die bodennahen Schichten und reicht bis 4000 *m*. Der mittlere Gradient ist mäßig groß, er beträgt — 0.50° pro 100 *m*. Die zweite Zone umfaßt die Luftsäule von 4000 bis 7000 *m*. Der Gradient ist in dieser Schicht ganz ungewöhnlich groß. Ein durchschnittlicher Gradient von — 1.44° auf eine Niveaudifferenz von 3000 *m* dürfte bisher vielleicht überhaupt noch nicht beobachtet worden sein. Zwischen 7000 und 8000 *m* tritt nun eine plötzliche starke Abschwächung des Gradienten ein, er sinkt von — 1.44° auf 1.05°. Der absolute Wert des Gradienten bleibt aber, wie man sieht, noch immer ungewöhnlich hoch. Über 8000 *m* beginnt ein neues Regime. Wir treten hier in die rätselhafte große Umkehrschicht ein, auf deren Existenz zuerst Teisserenc de Bort und Prof. Aßmann hinwiesen. In letzter Zeit hat auch Prof. Hergesell wieder neue Belege für die Realität dieser Inversionszone erbracht.[1]) Über 8000 *m* wird der mittlere Gradient rasch kleiner und kehrt schließlich sogar sein Vorzeichen um, so daß zwischen 8000 und 10 000 *m* der mittlere Gradient bloß mehr — 0.14° erreicht.

Höhenschichten *m*	Mittl. Gradient pro 100 *m*
Boden— 4000	—0.70
4000— 7000	—1.44
7000— 8000	—1.05
8000—10000	—0.14

Auch bei der Fahrt vom 4. April wurde die große Inversionszone noch erreicht; sie lag in einer Höhe von rund 11000 *m*. Betrachtet man die Tem-

[1]) Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 1, 2. Heft; H. Hergesell, „Neue Beobachtungen über die meteorologischen Verhältnisse der hohen wärmern Luftschicht".

peraturschichtung in der Vertikalen, so kann man deutlich vier scharf getrennte Zonen unterscheiden:

Höhenschichten *m*	Mittl. Gradient pro 100 *m*
Boden— 1500	—0.83
1500— 4000	—0.40
4000—11000	—0.91
11000—11365	0.00

In der bodennahen Schicht nimmt die Temperatur sehr rasch ab, dann kommt die Zone der Wolkenbildung mit dem mäßig großen Gradienten von — 0.40°. Zwischen 4000 bis 11000 *m* wird die Temperaturabnahme wieder ganz ungewöhnlich groß; sie erreicht nahezu den adiabatischen Wert. Über 11000 *m* treten wir ersichtlich in ein neues Regime ein. Die Temperaturabnahme wird sehr rasch kleiner und geht schließlich in völlige Isothermie über. Leider bricht knapp nach Erreichung der großen Inversionsschicht der Aufstieg ab.“

Luftdruck.

Der tägliche Gang des Luftdruckes in Berlin ist von Prof. Dr. R. Börnstein untersucht worden.[1]) Das Material lieferten die zwanzigjährigen Aufzeichnungen (1884—1903) des an der Berliner landwirtschaftlichen Hochschule befindlichen Laufgewichtsbarographen. Die für den täglichen Gang des Luftdruckes erhaltenen Zahlen lassen die bekannten zwei Schwankungen verschiedener Größe erkennen, im Jahresmittel ein Hauptmaximum um 10^h a., Hauptminimum um 5^h p., zweites Maximum um 11^h p., zweites Minimum um 4^h a. Mit Eintritt der warmen Jahreszeit entfernen die Extreme sich von der Mittagszeit, um für die kältere Jahreshälfte von beiden Seiten wieder gegen Mittag hinzurücken. Auch das „dritte“ Maximum, welches Rykatschew[2]) an vielen Orten der nördlichen gemäßigten Zone für die ersten Tagesstunden der Wintermonate nachwies, ist für die Monate November bis Februar wenigstens angedeutet und kann auch ohne Zeichnung aus den Differenzen der benachbarten Stundenwerte ersichtlich gemacht werden. Die Größe der Tagesschwankung (Differenz der Hauptextreme) liegt zwischen 0.57 (November) und 0.93 *mm* (Mai) und beträgt für Jahresdurchschnitt 0.64 *mm*. Der jährliche Gang des Luftdruckes hat, wie man auch sonst schon weiß, in Berlin recht große Schwankungen. Die Hauptextreme sind ein Maximum im November und ein Minimum im März; daneben finden sich Maxima im Januar, September und Juni, Minima im Oktober, Juli und Dezember. Die Hauptextreme der Monatsmittel haben einen Unterschied von 3.8 *mm*.

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 299.

[2]) Rykatschew, Rep. für Meteorologie. **6**. Nr. 10 (1879). Ausführliches Referat von J. Hann, Zeitschrift der österr. meteorol. Gesellschaft 1881. **16**. p. 41.

Zur genauern Untersuchung des täglichen Ganges wurde das von Lamont und andern Forschern sowie namentlich von Hann bereits angewendete Verfahren gewählt, welches den Luftdruck als Funktion der Tagesstunden durch eine Sinusreihe darstellt.

„Deutlicher vielleicht, als es in den Beobachtungsergebnissen einzelner Stationen bisher hervortrat, jedoch in voller Übereinstimmung mit den Arbeiten von Hann, sehen wir von den Konstanten des Luftdruckes die Amplitude a_1 der ganztägigen Schwankung sehr ähnlich wie die Lufttemperatur verlaufen, während die halbtägige Amplitude a_2 zweimal im Jahre schwankt und ihre Maxima zur Zeit der Nachtgleichen hat. Dabei ist a_3 nur in den Monaten Mai bis Juni größer, sonst erheblich kleiner als a_2. Die dritteltägige Schwankung hat eine Amplitude a_3 von durchschnittlich 0.037 *mm* (nach Hann[1]) zwischen 0.02 und 0.05 *mm*); ihr Hauptmaximum liegt im Winter, das zweite Maximum im Sommer, die Minima etwa zur Zeit der Nachtgleichen, und ungefähr mit dem Eintritte dieser Minima kehrt die Phasenzeit (A_3) sich um. Die Werte des halbtägigen Phasenwinkels A_2 schwanken nur wenig um einen im zweiten Quadranten liegenden Mittelwert.

Vergleicht man hiermit die harmonischen Konstituenten des täglichen Temperaturganges und ihre jährlichen Änderungen, so finden sich folgende Tatsachen:

Die Amplituden a_1 zeigen bei beiden Elementen sehr ähnlichen Gang, Maximum (respektive Hauptmaximum) im Sommer, Minimum im Winter.

Auch die Amplituden a_2 haben nahezu gleichzeitige Extreme, nämlich Maxima zur Zeit der Nachtgleichen und das Hauptminimum im Winter. Während aber beim Luftdrucke der Wert von a_2 nur von Mai bis Juli kleiner, sonst erheblich größer und im Jahresmittel sogar doppelt so groß ist wie a_1, ist bei der Temperatur durchgängig a_2 viel kleiner und beträgt im Jahresmittel nur etwa ein Sechstel von a_1.

Bei a_3 ist bemerkenswert, daß in der warmen Jahreszeit das Hauptmaximum für Temperatur mit dem sekundären Maximum für Druck zusammenfällt, und auch bei a_4 ist ähnliches zu finden.

Von den Phasenzeiten zeigt A_1 für Temperatur und A_2 für Druck sehr geringe Jahresschwankungen, wie bereits bekannt, während die ganztägige Druckschwankung und die halbtägige Temperaturschwankung im Sommer früher als im Winter auftreten. Die beiden Kurven für A_3 verlaufen recht gleichartig, die dritteltägige Schwankung tritt nämlich in den meisten Monaten für Temperatur etwa drei Stunden später als für Druck auf.

Eine physikalische Deutung aller dieser Einzelheiten zu suchen, dürfte verfrüht sein, solange wir noch gar nicht zu beurteilen vermögen, welche der genannten Besonderheiten örtlicher Natur sind,

[1]) Hann, Meteorol. Zeitschr. 1898. **15.** p. 385.

und welchen ein allgemeiner Charakter zukommt. Erst die Feststellung der entsprechenden Beobachtungstatsachen aus andern, durch Lage und Klima recht verschiedenen Orten wird hierüber Aufschluß gewähren können, und namentlich in betreff der drittel- und vierteltägigen Schwankungen muß die Beibringung weitern Erfahrungsmateriales abgewartet werden."

Wolken und Niederschläge.

Wolkenbeobachtungen auf dem Pic du Midi.[1]) Das Observatorium liegt in 2860 *m* Seehöhe, also 17 *m* unter dem höchsten Punkte dieses Berges, es ist für astronomische und meteorologische Beobachtungen ausgerüstet. Die Wolkenbeobachtungen sind von Marchand teils selbst ausgeführt, teils veranlaßt. Dabei wurden die Wolkenformen und ihre Verteilung auf Karten durch konventionelle Zeichen niedergelegt, auch gelegentlich photographisch das Aussehen der Wolken dargestellt. Behufs Höhenbestimmung der Wolken wurden in Bagnères von Dost und auf dem Gipfel von Ginet und Latreille die notwendigen Messungen ausgeführt. Aus den Ergebnissen ist hier folgendes hervorzuheben.[2])

Die Cumulo-stratus, Strato-cumulus oder die untern Cumulo-nimbus bilden sich nördlich der Pyrenäenkette in Höhen von 700 und 1200 *m* hinauf und reichen bis 1600 bis 2000 *m*. Ihre mittlere Mächtigkeit ist 900 *m*.

Die Geschwindigkeit des Wolkenzuges betrug am 13. August 1900 in einer Höhe von 1750 *m* nur 1 *m*/Sec. bei SSE; den 3. März 1903 zu Mittag in der Höhe von 1250 *m* bei NW an 68 *m*/Sec. Der erstere Tag entsprach einem den größten Teil Frankreichs bedeckenden barometrischen Maximum; der zweite Tag einem heftigen Umwetter.

Für die Wolkengeschwindigkeiten wurden folgende Mittelwerte gefunden:

1. Für die häufigern Strato-cumulus mit unterer Begrenzungsfläche zwischen 900 und 1200 *m*: Im Winter 24 *m*/Sec., im Frühlinge 22 *m*/Sec., im Sommer 8 *m*/Sec., im Herbste 10 *m*/Sec.

2. Für die seltenern Strato-cumulus oder Cumulo-stratus mit unterer Begrenzungsfläche zwischen 1400 und 1800 *m*: Im Winter 18 *m*/Sec., im Frühlinge 12 *m*/Sec., im Sommer 9 *m*/Sec., im Herbste 11 *m*/Sec.

Liegt die Temperatur der Wolken über 0°, so bestehen dieselben aus mikroskopisch kleinen Wassertröpfchen von sehr verschiedenem Durchmesser. Bildet die Wolke Nebel, der nicht benetzt, so sind die Tröpfchen außerordentlich fein und für das unbewaffnete Auge fast unsichtbar. Die Lichtkränze, die infolge solcher Nebel entstehen, sind sehr lebhaft gefärbt.

Bei reichlicherer Kondensation mischen sich den feinen Tröpfchen solche von 0.3 bis 0.5 *mm* Durchmesser bei, welche zu dem sogenannten Nebelreißen Veranlassung geben. Wenn die Tropfen noch weiter wachsen, geht das Nebelreißen in Regen über.

Das Innere einer solchen Wolke zeigt stets ein starkes elektrisches Feld, welches auf dem Gipfel des Pic bis zu 5000 Volt zwischen dem Erdboden und einem Punkte in 0.5 *m* über demselben ansteigen kann, bei heiterm Himmel

---

[1]) La Nature Nr. 1640.

[2]) Dreizehnter Jahresber. des Sonnblick-Vereins 1904 p. 9.

aber 300 Volt beträgt. Messungen in der Höhe von 2360 *m* zeigen, daß die Intensität des Feldes beim Eindringen in die Wolke rasch ansteigt.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist im Innern der Wolken oft geringer als 1° auf 350 *m*, oberhalb und unterhalb erreicht sie 1° auf 120 bis 130 *m*, steigt aber oft über der obern Fläche der Wolke während 100 bis 150 *m*, um dann schneller mit der Höhe zu fallen. Diese Temperaturumkehr ist wahrscheinlich der Sonnenstrahlung und der Wirkung einer obern allgemeinen Luftströmung aus S. oder SW. zuzuschreiben.

Liegt die Temperatur der gesamten Wolken unter 0°, so enthält sie keine Wassertropfen, sondern besteht nur aus kleinern Eiskörnern, von kristallinischem Ansehen, deren Durchmesser 0.05 *mm* nicht überschreitet, mit beigemischten größern Körnchen, feinen Eisnadeln, Eisschuppen, Eisblättchen oder sternförmigen Kristallen. Im Aussehen gleichen diese Wolken denen, welche aus Wassertröpfchen bestehen, und erzeugen Lichtkränze und Gegensonnen wie diese, aber niemals Halos. Dadurch unterscheiden sie sich von den Cirren, welche vor allem zur Bildung von Halos und Nebensonnen Veranlassung geben.

Die aus Eispartikeln bestehenden Wolken erzeugen einen leichten, wenig kompakten Reif.

Im Innern solcher Eiswolken ist die Intensität des elektrischen Feldes größer als in den wässerigen Wolken, und die Temperaturabnahme mit der Höhe sehr gering. Unter denselben kann feiner Regen oder Schnee in Gestalt sehr kleiner Flocken fallen, auch können die Eiskörnchen schmelzen und die Wassertröpfchen in der Schicht unter der Wolke verdampfen.

Die Bildung von untern Wolkenschichten im Norden der Kette der Pyrenäen vollzieht sich am häufigsten in Luftströmungen aus NW. bis NO. welche die Pyrenäen zu überschreiten suchen.

Hat dieser Luftstrom geringe Geschwindigkeit und wenig Mächtigkeit, so steigt er langsam an den ersten Hängen des Massivs der Pyrenäen empor. Es bilden sich hier und da kleine Wolkenflocken im obern Teile des Luftstromes, sie nehmen an Größe zu, wandeln sich in Cumulus um, bleiben manchmal getrennt, vereinigen sich aber meist in eine zusammenhängende Schicht, welche häufig die Kette der Pyrenäen mit einem langen Wolkenbande umsäumt, jenseits welcher man, vom Pic aus, die entfernten Ebenen völlig wolkenfrei sieht.

Seltener sieht man vom Pic, daß der NW.-Luftstrom bereits in großer Entfernung auf der Ebene eine vollständig ausgebildete Wolkenschicht mit sich führt. Sobald er die Hochebenen der Unterpyrenäen erreicht hat, verdichten sich die Cumuli sehr schnell und bilden eine bis zur Grenze des N.-Horizontes reichende Wolkenmasse.

Meist weht über dem N.-Wind eine allgemeine aus S. kommende Luftströmung, welche die Kondensation im erstern Strome in einer Fläche aufhält, die nicht eben ist und den Cumulus von oben gesehen ein hügeliges Ansehen verleiht.

Die durch das Aufsteigen des feuchten Luftstromes herbeigeführte Kondensation des Wasserdampfes zu Tropfen erfordert in der Atmosphäre die Anwesenheit von mineralischem oder organischem Staube, der auch stets vorhanden ist. Vom Pic aus konnte oft beobachtet werden, daß die Bildung von Strato-cumulus durch ausgedehnte Anwesenheit von emporgestiegenem Rauche oder einer Art trockenem Nebel (aus Staub) in 1500, 2000, 2500 *m*, selbst in 3000 *m* Höhe sehr erleichtert wird.

Die aus N. kommenden, durch die gewaltigen Einschnitte in der Umgebung des Pic getriebenen Strato-cumuli ziehen sich in denselben ähnlich mächtigen Rauchsäulen aus, steigen zu großen Höhen auf und werden von dem obern SW.-Winde wieder gegen die Ebene zurückgetrieben. Häufig werden auch Wolken auf dem Südabhange der Pyrenäen durch einen aufsteigenden SW.-Wind gebildet. Dieselben bedecken oft durch mehrere Tage nacheinander

die Gipfel und den Kamm der hohen Kette, ohne die Grenze zu überschreiten, an welcher der Luftstrom sich zu senken beginnt. Die obere Fläche der Wolken wird dabei zu Fahnen ausgezogen, welche zwar den Cirrus ähnlich, aber doch nicht mit denselben identisch sind.

Bei Nebelmeeren, welche häufig vom Pic aus gesehen werden, ist die untere Fläche in der Regel fast horizontal. Nur selten erhebt sich dieselbe von der Ebene gegen den Kamm hin. Die Kondensation tritt in dem mit mäßiger Geschwindigkeit ansteigenden Luftstrome in weiter Ausdehnung in der gleichen Höhe ein. Es kommt vor, daß Nebelmeere, die nördlich vom Pic gesehen wurden, nicht von einem ansteigenden Luftstrome herrühren, sondern fertig gebildet aus der Ferne kommen.

Die Höhen der Cirrus und Cirro-stratus wurden zu 4000 bis 17 000 *m* gefunden.

Für die verschiedenen Jahreszeiten fand sich als Mittel:

	Höhe	Geschwindigkeit pr. Sek.
Winter	6880 *m*	24 *m*
Frühling	7360	29
Sommer	8230	31
Herbst	7940	36

In der Höhe von 12 000 *m* wurden Geschwindigkeiten bis zu 80 *m*/Sec. beobachtet. Geschwindigkeiten von 50 *m*/Sec. sind sehr häufig. In einem einzigen Falle wurden nur 6 *m*/Sec. gefunden.

Die Herkunft des Regens. Die Feuchtigkeit der Atmosphäre über den Festländern, welche sich von Zeit zu Zeit als Regen niederschlägt, stammt, der herrschenden Ansicht gemäß, vom Meere, dem sie durch Verdunstung entstiegen ist. Dieser Anschauung ist vor einigen Jahren Prof. Brückner entgegengetreten. Seine bezüglichen Ansichten und weitern Folgerungen hat er in einem Vortrage im Institute für Meereskunde in Berlin am 3. Juni 1905 vorgetragen.[1]) Die gesamte Wassermasse der Ozeane wird auf 1279 Millionen Kubikmeter ($= {}^1/_{847}$ des Volumens der Erde) geschätzt. Was die Verdunstung des Meerwassers anbelangt, so findet Brückner dafür unter den verschiedenen Breiten folgende Zahlen pro Jahr:

Breite	Verdunstung	Breite	Verdunstung	Breite	Verdunstung
0—10°	160 *cm*	30—40°	100 *cm*	60—70°	20 *cm*
10—20	150 „	40—50	70 „	70—80	10 „
20—30	130 „	50—60	40 „	90—100	5 „

Natürlich sind diese Zahlen nur näherungsweise. Auf Grund derselben berechnet Brückner die gesamte jährliche Verdunstung des Meerwassers zu 386 000 *cbkm* gleich einem Kubus von 73 *km* Seitenlänge. Im ganzen verdunsten 86% der gesamten Verdunstungsmenge zwischen 40° nördl. und 40° südl. Br. Die Ausscheidung des atmosphärischen Wasserdampfes findet hauptsächlich in zwei großen Gebieten statt. Das erste liegt in der Nähe des Äquators in der Kalmenzone und ihrer Nachbarschaft. „Es bildet einen ausgedehnten Gürtel zwischen der Zone des Nordostpassates und der des Südostpassates. Die Passate bringen fortwährend Luftmassen

---

[1]) Potoniés Wochenschrift 1905. Nr. 26.

aus höhern Breiten heran, die dann in der Kalmenzone aufsteigen. Beim Aufsteigen dehnen sie sich aus und kühlen sich daher ab. So kommt es zu gewaltigen Kondensationen, und mächtige Regen ergießen sich unter Gewittererscheinungen aus den Wolken herab ins Meer. In den Passatzonen sind die Regen weit spärlicher, weil die Luft sich hier, ohne aufzusteigen, aus kühlern in wärmere Gegenden bewegt, sich daher erwärmt, so relativ trockener und durstiger wird. Die starke Verdunstung der Passatregionen speist so in erster Reihe die Regen der Kalmenzone.

Als zweites Gebiet, wo ausgedehnte und stärkere Niederschläge erfolgen, wenn auch nicht so starke wie in der Kalmenzone, treten uns die höhern Breiten der Meere, etwa von 30 oder 35° polwärts, entgegen. Hier ist der Schauplatz gewaltiger Luftwirbel, die über die Erdoberfläche dahinziehen. Es sind Wirbel von der Art derjenigen, die auch das Wetter auf den Landflächen der mittlern und höhern Breiten bestimmen, barometrische Minima, Depressionen oder Zyklonen genannt. In diesen Wirbeln, die sich durch niedrigen Luftdruck auszeichnen, steigt die Luft, die von allen Seiten herangesogen wird, auf weiten Gebieten ebenfalls empor; so kommt es auch hier zu Wolken- und Regenbildung.

So wird in der Kalmenregion und in den höhern Breiten polwärts von 30 oder 35° dem Ozeane direkt durch Regen ins Meer hinein ein gut Teil des Wassers wieder zurückgegeben, das durch Verdunstung dem Ozeane entnommen worden war. Das ist der kleinste Kreislauf der Wassers.

Ein gewisser Teil des durch Verdunstung vom Meere in die Atmosphäre gelangten Wasserdampfes aber tritt im Winde aufs Land über und fällt erst hier als Regen oder Schnee nieder. Die Veranlassung zur Ausscheidung bietet auch hier wieder die aufsteigende Bewegung der Luft in Zyklonen, dann aber auch die Anwesenheit von Gebirgen. Die Luft, die im Winde auf diese zugetragen wird, muß an ihnen emporsteigen und entledigt sich dabei ihres Wasserdampfes; daher der Regenreichtum der Gebirge. Nicht alle Küsten sind Eintrittstore für ozeanischen Wasserdampf. Wo der Wind ständig vom Lande gegen das Meer hinweht, vermag Wasserdampf nicht vom Meere ins Land einzudringen. Als Eintrittstore erscheinen daher besonders Küsten, die von Winden getroffen werden, welche vom Meere her wehen, wie jede Regenkarte der Erde uns zeigt. Als solche stellen sich uns zunächst die Passatküsten an der Ostseite der Kontinente dar, so die Ostküste des tropischen Südamerika und des tropischen Afrika, ferner die Monsunküsten. An letztern wechselt zwar der Wind mit der Jahreszeit; allein in der warmen Jahreszeit, wo die Luft gerade viel Wasserdampf zu enthalten vermag, weht er vom Meere gegen das Land, so in Vorder- und Hinterindien, in China, an der Golfküste der Vereinigten Staaten, an deren atlantischer Küste. In höhern Breiten endlich, wo ja

überhaupt die Westwinde dominieren, sind es die Westküsten der Kontinente, die als Eintrittstore funktionieren.“

Die dem Festlande zuteil werdende Regenmenge kann nicht einfach aus der Regenhöhe an den Beobachtungsstationen erschlossen werden, denn die auf dem Lande fallenden Regen werden nicht nur von den auf dem Meere verdunsteten Wasserdämpfen, sondern auch von den auf dem Lande durch Verdunstung der Seen und Flüsse, vor allem aber auch der Wälder und Wiesen in die Atmosphäre gelangenden Dampfmengen gespeist. Es ist daher jedenfalls die gesamte Regenmenge der Landflächen größer als die vom Ozeane dem Lande gelieferte Dampfmenge. Folgende Erwägung gestattet nach Brückner, die letztere annähernd zu bestimmen. „Jahr für Jahr gibt der Ozean Wasser in Dampfform der Luft ab, Jahr für Jahr tritt Wasserdampf vom Ozeane aufs Land über. Trotzdem mindert sich die Wassermenge des Ozeanes nicht; denn an den Küsten bleibt, so weit nicht Hebungen oder Senkungen derselben auftreten, der Wasserstand des Meeres konstant. Es muß also jene Wassermenge, die als Dampf aufs Land übertritt und hier als Regen niederfällt, Jahr für Jahr vollständig zum Meere zurückkehren. Das geschieht im wesentlichen in den Flüssen; geringe Quantitäten mögen auch in der Atmosphäre vom Lande aufs Meer übertreten; doch spielt dieser Vorgang den Flüssen gegenüber wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle. Wir dürfen daher mit großer Annäherung die jährlich vom Ozeane auf das Land übertretende Dampfmenge gleich der jährlichen Wassermenge aller dem Meere zuströmenden Flüsse setzen, obwohl sie, genau genommen, nur die Differenz zwischen der Wasserdampfmenge, die vom Meere auf das Land übertritt, und der vom Lande auf das Meer übertretenden darstellt.

Mehr oder minder genaue Messungen der Wassermenge liegen für viele Ströme vor. Auf Grund dieser Messungen hat Sir John Murray die jährlich durch die Flüsse dem Ozeane zugeführte Wassermenge auf 25 000 *ckm* geschätzt. Ebenso groß muß also auch die jährlich vom Ozeane aufs Land übertretende Wasserdampfmenge (nach Abzug der durch die Atmosphäre vom Lande zum Ozeane zurückkehrenden) sein, wenig im Vergleiche zur großen Verdunstung vom Meere, nur 7% derselben. Eine Wassermenge gleich 93% der vom Ozeane jährlich verdampften fällt also direkt wieder als Regen in den Ozean zurück.“

Brückner findet ferner, daß für die peripherischen Landflächen (114 Millionen *qkm*) ¾ des ganzen Regenfalles durch die eigene Verdunstung des Landes gedeckt werden.

„Nach dem verschiedenen Verhältnisse von Verdunstung und Regenfall zueinander,“ sagt er, „lassen sich auf der Erde drei große Gebiete unterscheiden:

1. Die Gesamtheit der Weltmeere. Hier ist stets Wasser zur Verdunstung vorhanden, die Verdunstung ist groß, und der Nieder-

schlag etwas kleiner als die Verdunstung. Unebenheiten, welche die Kondensation befördern würden, fehlen. Zur Kondensation kommt es ausschließlich durch ein spontanes, d. h. nicht durch Formen des Erdbodens verursachtes Emporsteigen der Luft (Kalmenzone, Zyklonen höherer Breiten). Wasserdampf wird, wenn auch in geringer Menge (7%), an das Land abgegeben.

2. Die peripherischen Gebiete der Landflächen. Die Verdunstung ist hier kleiner, weil nicht überall Wasser zur Verdunstung bereit liegt, diese sich vielmehr vorwiegend durch die Vegetation vollzieht. Der Regenfall ist zwar auch kleiner als auf dem Weltmeere, aber merklich größer als die Verdunstung. Befördert wird die Kondensation durch die Anwesenheit von Gebirgen, die zu aufsteigenden Luftbewegungen Veranlassung geben. Die Differenz zwischen der Verdunstung und dem Regenfalle wird durch Zufuhr von Wasserdampf vom Ozeane gedeckt. Diese ozeanische Wasserdampfmenge bildet das Betriebskapital, das auf dem Lande mehrmals umgesetzt wird.

3. Die abflußlosen Gebiete des Landes. Hier ist die Verdunstung sehr klein, da trockene, vegetationslose Flächen vorherrschen. Wenn Wasserdampf vom Ozeane hierher gelangt, so wird doch ebenso viel durch die Atmosphäre wieder hinausgeschafft. Der Regenfall ist klein und ebenso groß wie die Verdunstung, so daß er ganz von der letztern aufgezehrt wird.

Der mittlere Regenfall der ganzen Erde ergibt sich zu 95 *cm*; ebenso groß ist die mittlere Verdunstung. Die jährliche Regenmenge wie die jährliche Verdunstung belaufen sich auf je 483000 *ckm*. Die Verdunstung von den Landflächen der Erde trägt dazu ein volles Fünftel bei.“

Aus einer Zusammenstellung vieljähriger Mittelwerte findet Brückner ferner, daß überall der Regenfall von einem Minimum in den 30 er Jahren zu einem Maximum stieg, das in den vorliegenden Reihen genau übereinstimmend auf das Jahr 1847/48 (Mittel der zehn Jahre 1842—1852) fällt, um dann zu einem Minimum in den 60 er Jahren abzufallen und hierauf bis zu Beginn der 80 er Jahre wieder zu steigen. Seitdem ist überall ganz deutlich eine Abnahme der Niederschläge erfolgt, ganz wie er das 1891 vorausgesehen hatte. Wir befinden uns jetzt in einer Trockenzeit.“

Endlich schätzt Brückner die Menge der gesamten Niederschläge zur Zeit des Minimums auf 100 000, zur Zeit des Maximums auf 125 000 *ckm*, die Dampfzufuhr vom Ozeane schwankt dabei sicher um weit weniger.

Über den Verlauf des Regens hat W. Gallenkamp Untersuchungen angestellt.[1]) Er betont, daß die üblichen automatischen Regenmesser Einzelheiten im Verlauf eines Regens z. B. Nachlaß oder Ver-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 1.

stärkung während der Bruchteile der Minute gar nicht erkennen lassen. Er hat nun, um dies zu erreichen, einen Apparat konstruiert, dessen Prinzip auf der Zählung der vom Ausflußrohre des Auffangtrichters abtropfenden Wassertropfen beruht. Fällt mehr Regen, so folgen sich diese Tropfen rascher, fällt weniger, langsamer. Werden also die in einer Zeiteinheit abfallenden Tropfen registriert, so liefern die entstehenden Aufzeichnungen ein bis ins kleinste genaues Bild vom Verlaufe eines Regens. Da die abfallenden Tropfen genau der im Auffangtrichter gesammelten Regenmenge entsprechen, und bei gegebenem Abtropfrohre jeder Tropfen einem bestimmten Gewichte oder Volumen entspricht, so braucht man nur die Zahl der Tropfen zu summieren, um die Gesamtmenge des gefallenen Regens zu erhalten.

Auf Grund seiner Aufzeichnungen einer Anzahl von Regenfällen kommt Verf. zu dem Ergebnisse, daß ein solcher Regenguß durchaus nicht gleichförmig vor sich geht, daß vielmehr jeder derselben ein ganz ausgesprochenes periodisches Auf- und Abschwanken zeigt. In vielen, ja den meisten Fällen setzt der Regen ein mit einem kurzen und geringfügigen Schauer, dem ein ebenso kurzes Wiedernachlassen folgt, worauf dann erst der eigentliche Hauptguß eintritt, welchem dann nach abermaligem Nachlassen wieder ein erneuter, aber schwächerer Guß folgt. Unter Umständen wiederholt sich dies unter stetigem Schwächerwerden noch ein oder einige Male. Diese Erscheinung, sagt er, erinnert so augenfällig an allmählich verklingende Wellenbewegungen, daß wir gar nicht umhin können, diese kurz dauernden Regen als das Resultat von periodischen Luftwellen auszusprechen. In der Tat hat Helmholtz bereits die Vermutung geäußert, daß derartige Regenschauer das Ergebnis von sich in der Brandung überstürzenden Luftwellen oder -wirbeln seien.

Die relative Regenarmut der deutschen Flachküsten hat Prof. Dr. Hellmann untersucht.[1]) Der große Einfluß, den das Meer als Wasserdampfspender auf die Bildung der atmosphärischen Niederschläge über dem Festlande ausübt, hat es immer als selbstverständlich erscheinen lassen, daß die Regenmenge von der Küste nach dem Innern des Landes hin abnehmen muß. Ja, es ist geradezu eine landläufige Vorstellung geworden und wird überall als Grundsatz ausgesprochen, daß Küstenstriche regenreicher sind als das anstoßende Binnenland. Diese Anschauung fand ihre Stütze in den Regenkarten der ganzen Erde oder einzelner Erdteile, die bis jetzt nur auf Grund unzureichenden Beobachtungsmateriales in kleinem Maßstabe entworfen werden konnten, und die deshalb bloß die allgemeinsten Grundzüge der räumlichen Verteilung der Nieder-

[1]) Sitzber. der Kgl. Preuß. Akademie der Wiss. 1904, p. 54.

schlagsmengen wiederzugeben vermögen. Dazu kommt, daß gerade die regenreichsten Gebiete der Erde am Meere liegen, nämlich da, wo sich hohe Steilküsten den vom Meere kommenden Regenwinden entgegenstellen.

Erst seit dem Bestehen besonderer und dichter Netze von Regenstationen ist man in der Lage, wenigstens für kleinere Erdräume die wahre Regenverteilung genauer darzustellen. Dabei hat sich nun ergeben, daß jener Grundsatz nicht allgemein richtig ist, daß er sich sogar ins Gegenteil umkehren kann: es gibt Küstengebiete, die weniger Niederschläge erhalten als das unmittelbar anstoßende Flachland.

Bei der Konstruktion der Regenkarten für die preußischen Provinzen hat Hellmann nämlich die Wahrnehmung gemacht, daß der größte Teil der deutschen Flachküsten relativ regenarm ist, d. h. daß die Jahresmenge des Niederschlages von der Küste nach dem binnenländischen Flachlande hin zunächst zunimmt. Ein solcher Befund wäre bei einem Küstengebiete, das landeinwärts erheblich ansteigt — wie z. B. in Hinterpommern — ganz selbstverständlich, weil das Aufsteigen feuchter Luftmassen die aus ihnen herausfallende Regenmenge steigert. In einer bis ans Meer reichenden Niederungslandschaft ist er etwas Besonderes.

Zur Feststellung der Tatsachen dienten gleichzeitige zehnjährige Regenmessungen von rund 200 Stationen, die längs der deutschen Küste ziemlich gleichmäßig verteilt sind.

Aus der kartographischen Darstellung der so gewonnenen Beobachtungsergebnisse ersieht man nun ohne weiteres, daß der weitaus größte Teil der deutschen Flachküsten relativ regenarm ist, da diese eine kleinere Jahresmenge des Regenfalles aufweisen als das unmittelbar angrenzende Tiefland. Der numerische Betrag des Unterschiedes schwankt zwischen 10 *mm* und 60 *mm*, also etwa zwischen 1½ und 10% der Jahresmenge.

Es ergibt sich, daß, sowie die Küste den Charakter der eigentlichen Flachküste verliert und etwas steiler ansteigt, die Regenarmut auch sogleich aufhört. So z. B. auf der Ostseite von Rügen, auf Usedom und Wollin, an der hinterpommerschen Küste, wo es Dünen bis zu 56 *m* Höhe gibt, in Samland, dessen Küsten noch am ehesten den Namen einer Steilküste verdienen, sowie auf der Kurischen Nehrung, deren hohe Dünen bis zu 62 *m* ansteigen.

„Hiernach," sagt Hellmann, „lag es nahe, zu untersuchen, ob nicht auch die Flachküsten der Nachbarländer ähnliche Verhältnisse aufweisen, und da zeigte sich in der Tat, daß jene Eigentümlichkeit keineswegs auf die deutschen Küsten beschränkt bleibt.

Solche relativ regenarmen Küstenstriche finden sich mehrfach in den russischen Ostseeprovinzen bis in die Gegend von Hapsal, auf Jütland und namentlich auf den Inseln des Kattegats und des Großen Belts (Laesoe, Hesseloe, Samsoe, Langeland), ferner an ver-

schiedenen Punkten der holländischen und belgischen Küste, hier bis gegen Dünkirchen, und an der Westküste Frankreichs bei der Girondemündung. Ungewöhnlich trocken ist auch die ganze Flachküste des Golfes du Lion von Perpignan bis zum Rhonedelta.

Man hat es also mit keiner ganz lokalen, sondern mit einer etwas allgemeinern Erscheinung zu tun."

Zur Ergründung ihrer Ursachen schien es Hellmann zweckmäßig, zunächst zu untersuchen, ob die Unterschiede im Ausmaße des Regenfalles an der Küste und landeinwärts, wie sie die Jahresmengen anzeigen, auch in allen Jahreszeiten bestehen. Zu dem Ende entwarf er von der hierfür am geeignetsten Provinz Schleswig-Holstein auf Grund gleichzeitiger dreizehnjähriger Beobachtungen Monatskarten der Niederschlagsverteilung. Wenn auch diese Monatskarten wegen der großen Schwankungen des Regenfalles von Jahr zu Jahr noch kein so zuverlässiges Bild geben können, wie Jahreskarten aus demselben Zeitraume, so eignen sie sich doch sehr gut zum Vergleiche benachbarter Orte und zur Beurteilung relativer Verhältnisse.

Für die in Rede stehenden Fragen lehren nun die Monatskarten folgendes:

„In den Monaten der kalten Jahreshälfte (Oktober bis März) sind die Unterschiede der monatlichen Regenmengen zwischen den Küsten- und den benachbarten Binnenstationen sehr klein, bald in dem einen, bald in dem andern Sinne, je nach der besondern Lage der Orte. Dagegen tritt in den Monaten der warmen Jahreshälfte die relative Regenarmut der Küste scharf hervor, so zwar, daß im Juli, August und September die Unterschiede am größten werden. Die binnenländischen Stationen erhalten dann erheblich mehr Regen als die Stationen an der Küste."

„Dieser Befund", sagt Hellmann, „steht mit unsern Anschauungen über die Bildung der atmosphärischen Niederschläge in guter Übereinstimmung.

Wir wissen nämlich, daß eine ergiebige Kondensation des Wasserdampfes nur dann stattfinden kann, wenn feuchte Luftmassen zum Aufsteigen gezwungen werden und sich infolgedessen ausdehnen und abkühlen. Solche aufsteigenden Luftströme kommen aber in unsern Breiten nur in Luftwirbeln vor. Von diesen gibt es zwei Gattungen.

Die einen sind die großen Depressionen, die sich aus der allgemeinen Luftzirkulation ergeben und meist von dem Meere her fertig gebildet an unsere Küsten herankommen. Sie treten zu allen Jahreszeiten auf, hauptsächlich aber in der kalten, und bringen uns die sogenannten Landregen, die sich über weite Landgebiete ausbreiten und zugleich den Hauptbestandteil der Jahresmenge des Regenfalles von ganz Mittel- und Nordeuropa ausmachen. Diese Tiefdruckgebilde liefern um so reichlichere Niederschläge, je flacher und stationärer sie sind.

Die im Luv gelegenen Küstengebiete erhalten von dieser Art von Regen einen relativ größern Anteil als das anstoßende flache Binnenland. Wo aber das Terrain ansteigt, wird gerade bei diesen Regenfällen die Menge erheblich gesteigert.

Die andern Luftwirbel sind klein und lokaler Natur. Sie entstehen zumeist bei uns selbst infolge örtlicher Temperaturverschiedenheiten, die sich im Sommer auf dem Festlande leicht ausbilden können, und sind infolge des hohen Wasserdampfgehaltes der Luft von ergiebigen Niederschlägen, oft in der Form von Gewitterregen, begleitet.

Der zur Kondensation nötige Wasserdampf würde auch an der Küste reichlich vorhanden sein, aber es fehlen hier die Grundbedingungen für die Entstehung kleiner Luftwirbel und aufsteigender Luftbewegung. Exzessive Temperaturen können sich örtlich nicht ausbilden, da das bewegliche Wasser und der nur selten fehlende Seewind etwaige Ungleichheiten sofort wieder auszugleichen streben.

Diese Art von Regen kommt also wesentlich dem Binnenlande im Sommer zugute, und ihre geringere Häufigkeit an den Küsten ist es hauptsächlich, welche die gesamte Jahresmenge des Niederschlages an den Flachküsten kleiner ausfallen läßt als im anstoßenden Binnenlande.“

Hellmann zeigt aus den vieljährigen Beobachtungen zu Westerland und Keitum, von denen die erstgenannte Station am Westrande, die andere am Ostrande der Insel Sylt liegt, daß die Abnahme der Landregen von der Luvseite landeinwärts zu auf eine so geringe Entfernung hin bereits große Werte erreicht. „Wir müssen daraus schließen“, sagt er, „daß der Übergang der Depressionen vom Meere auf das Festland die Kondensation des Wasserdampfes außerordentlich begünstigt. Der Vorgang dürfte folgender sein: Beim Übergange vom Meere auf das Land, und sei es auch noch so niedrig, erleiden die untersten Luftströmungen wegen der vermehrten Reibung eine Verzögerung. Infolgedessen werden die nachdrängenden untern Schichten in die Höhe gehoben und somit der Auftrieb vermehrt. Zieht dann der Wirbel über ebenes Land weiter, so fällt diese Verstärkung der Ursache zur Kondensationsbildung fort, und erst, wenn durch orographische Hindernisse das ganze System zum energischen Aufsteigen gezwungen wird, tritt wieder eine wesentliche Steigerung der Niederschlagsbildung ein.“

Schließlich zieht Hellmann aus dem Verhalten der eigentlichen Sommerregen den wichtigen Schluß, daß ein großer Teil des Wasserdampfes, der bei diesen sommerlichen Regenfällen zur Kondensation gelangt, nicht unmittelbar ozeanischen Ursprunges sein kann, sondern vom Festlande selbst durch Verdunstung geliefert werden muß. Bekanntlich sind Woeikow, Supan und Brückner auf ganz andern Wegen zu einem ähnlichen Ergebnisse bezüglich der Herkunft der kontinentalen Sommerregen gelangt.

Die Entstehung des Hagels behandelte L. Kronich[1]) in einer größern Abhandlung.

Er wirft zunächst einen kurzen Blick auf die herrschenden Hypothesen über die Hagelbildung. „Ein Teil der Theorien", sagt er, „sucht die Erscheinung aus der Mischung sehr kalter, höherer Luftschichten mit feuchten, tiefern Schichten zu erklären, andere nehmen an, der Hagel verdanke seine Entstehung der überaus raschen Verdunstung der flüssigen Wolkenteile. Die Unhaltbarkeit der ersterwähnten Theorien wurde bald erwiesen, als man einen bessern Einblick in die Vorgänge, welche sich in den höhern Luftschichten abspielen, gewann. Die Kenntnis der vertikalen Temperaturverteilung, der dynamischen Temperaturänderungen vertikal bewegter Luftmassen veränderte manche ältere Ansicht über die Erscheinungen in der Atmosphäre; so mußte auch die ersterwähnte Theorie der Hagelbildung neuern Ansichten bald weichen.

Die zweite, sogenannte Voltasche Auffassung erfreute sich einer größern Wahrscheinlichkeit. Nach derselben wäre die zur Hagelbildung notwendige große Temperaturerniedrigung eine Folge der überaus raschen Verdampfung von Wolkenpartien, wobei auch der Elektrizität eine wichtige Rolle zufällt.

Prof. Marangoni gibt in einer Arbeit über Hagelbildung eine treffende Beschreibung eines Hagelwetters, aus welcher unmittelbar eine Theorie der Hagelbildung folgt. Der Inhalt dieser Beschreibung ist kurz folgender: An schwülen Sommertagen, wenn die dampfreiche Luft auffallend ruhig, fast gänzlich unbewegt ist, sehen wir übereinandergetürmte, dunkle, schwere Wolken drohend gegen den Zenit stürmen. Über ihren Köpfen bemerken wir Wolkenfasern, welche sich von den mächtigen Cumulis losgelöst haben, nach mannigfaltigen Richtungen fortziehen, um sich bald im reinen Himmelsblau aufzulösen, zum Zeichen, daß ein herabsinkender Luftstrom den Kampf mit dem aufsteigenden aufgenommen hat. Die Folge dieses Kampfes ist ein relativ heißer, trockener, stürmischer Wind in der Höhe, welcher, die Oberfläche der Wolke beleckend, diese mit sich reißt und ausdehnt und in ihr förmlich eine Luftverdünnung bewirkt. In der verdünnten Luft verdampft das Wasser der Wolke auf Kosten der Wärme und durch den heißen Wind unterstützt so rasch, daß ein Teil des Wassers gefriert, womit die Hagelbildung eingeleitet ist.

Bedeutende Physiker bemerken auf Grund ihrer Versuche, daß unter Null gekühltes Wasser an der Luft positiv elektrisch, trockenes Eis aber negativ wird. Die Vertreter der Voltaschen Auffassung bedienen sich auch dieser Erfahrung zur Erklärung der Hagelbildung, indem sie annehmen, daß das negativ geladene Hagelkorn die positiven, untergekühlten Wassertröpfchen an sich heranzieht, und auf diese Weise bis zu einer Größe anwächst, welche die vorherrschenden Verhältnisse eben zulassen.

Die Versuche, welche Dr. Kreuschner in Darmstadt angestellt hatte, unterstützen diese Theorie. Er führte in ein Wasserbecken durch den Boden des Gefäßes einen Draht so ein, daß das Drahtende bis einige Millimeter unter die Oberfläche des Wassers reichte. Diesem gegenüber, in einer Entfernung von wenigen Zentimetern, befand sich in der Luft das Ende eines andern Leitungsdrahtes. Werden nun die beiden Leiter mit einer Stromquelle hoher Spannung verbunden, und wird der Strom durch die Funkenstrecke über der Wasseroberfläche geschlossen, so ändert sich die Oberfläche des Wassers, indem über dem untergetauchten Drahtende ein Trichter entsteht, welcher allmählich an Tiefe und Durchmesser zunimmt. Bald spritzen aus diesem unaufhörlich, einem Springbrunnen ähnlich, zahlreiche Wassertröpfchen hervor, welchen sich Eiskügelchen zugesellen, die immer zahlreicher werden und schließlich über die Wassertröpfchen dominieren. Die Luft mußte während des Versuches außerordentlich ruhig sein. Treibt man mit der Hand fächelnd Luft gegen die Drahtenden oder bläst gegen die Funkenstrecke, so hört die

[1]) Jahrbücher d. Kgl. ungar. Reichsanstalt f. Meteorologie, Budapest 1904.

Eisbildung auf. Die geringste Bewegung der Luft genügt also, um den Versuch mißlingen zu lassen.

Die Analogie des Versuches mit dem Vorgange in der Natur kann man folgendermaßen darstellen.

Das Wasserbecken ersetzt die Wolke, die Stromquelle bildet die außergewöhnlich große Potentialdifferenz in der Luft, welche während eines Gewitters gewöhnlich auftritt. Die Windstille, welche vor den Ungewittern herrscht, ist der Versuchsbedingung, daß die Luft ungemein ruhig sein muß, gleichwertig. Je größer und andauernder die Ruhe war, desto größere Potentialdifferenzen können entstehen, und desto intensiver werden die Gewitter und die Hagelfälle.

Mit der Erklärung des Hagels hat sich jüngst auch R. Russel beschäftigt in seiner Arbeit: „On Heil", und bringt darin untern andern einige bemerkenswerte Beobachtungen und Ansichten über den Hagel. Eine vollständige Zusammenstellung der Theorien des Hagels gibt Dr. W. Trabert in seiner Abhandlung: „Die Bildung des Hagels."

Indem Kronich zur Entwicklung seiner eigenen Anschauung übergeht, bemerkt er zunächst, es müsse bei der Aufstellung einer Theorie des Hagels als Ausgangspunkt jedenfalls die Konstruktion (Struktur, Form und Größe) des Hagelkornes dienen. Eine Theorie könne nur dann allgemeine Gültigkeit beanspruchen, wenn sie jede Form des Hagels erklären kann.

„Gehen wir", sagt er, „bei der Untersuchung des Hagelkornes vom Zentrum zur Oberfläche, so vergegenwärtigen wir uns die Entstehung und Bildung, mit einem Worte, die Geschichte des Hagelkornes. Es ist natürlich, daß man die Untersuchung am besten mit den einfachsten Körnern beginnt.

Schon ältere Beobachter berichten uns, daß das einfachste Hagelkorn aus einem zentralen schneeartigen Kerne und aus diesen Kern umgebenden Eishüllen besteht. Die Anzahl der Schalen ist gewöhnlich gering, doch findet man auch größere Körner mit vielen Hüllen.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, daß der Kern scheinbar aus zusammengepreßten Schneekristallen besteht. Das undurchsichtige Weiß des Kernes wird durch Luftbläschen und Luftschichten verursacht, welche die Kristalle voneinander trennen.

Diesen Kern umringen, wie gesagt, dichte, durchsichtige, kompakte Hüllen, welche leicht vom Kerne abschälbar sind. Sie umgeben den Kern nicht als ganze Kugelschalen, sondern eher in Blättern, welche sich übereinanderlegen, ungefähr wie die Häute einer Zwiebel.

Im Mikroskope bemerkt man, daß jede Hülle aus einer reichen Schar von aneinandergereihten Eiszellen besteht, zwischen welche mehr oder weniger Luftbläschen gezwängt sind. Die Verteilung der Hüllen um den Kern sowie der Zusammenhang der einzelnen Eiszellen scheinen zu verraten, daß wir es mit zusammengeflossenen, momentan erstarrten Wassertröpfchen zu tun haben, was der Bedingung entspricht, daß die Wassertröpfchen sehr stark unterkühlt sein mußten. Barral und Bixio fanden in einer Höhe von 2000 *m* tatsächlich Wolken, deren Bestandteile, die Wassertröpfchen, eine Temperatur von — 10° und darunter besaßen, ohne ihren tropfbar flüssigen Zustand eingebüßt zu haben. Wir müssen noch die Versuche Dufours erwähnen, in welchen er Wasser stark unter 0° kühlte, und auf die wichtige Eigenschaft des untergekühlten Wassers, auf die geringste Erschütterung in seiner ganzen Masse fast momentan zu erstarren, besonders hinweisen.

Die Struktur der Eishüllen deutet auch darauf, daß diese durch momentanes Erstarren entstehen, indem die Hüllen aus unregelmäßig aneinander gereihten Eiskristallen bestehen, welche Ansicht auch J. Möller, J. H. L. Flögel und E. Hagenbach in ihren Arbeiten befürworten.

Die Eishüllen, welche den schneeigen Kern umgeben, sind die charakteristischen Merkmale des Hagelkornes, welche dieses von den Graupeln unterscheiden.

Die eben beschriebene Struktur bezieht sich auf die gewöhnlichste Form des Hagelkornes und will also nicht sagen, daß diese die einzige Form sei. Es treten mannigfaltige Formationen auf, welche sich mehr oder minder auf die gewöhnliche Form zurückführen lassen, ihrer Seltenheit wegen aber eingehender noch viel spärlicher untersucht worden sind als die einfachen. Wir können auf dem Gebiete der Hageluntersuchung zum größten Bedauern kaum mehr Arbeiten anführen als die bekannten Beobachtungen Hartings und Walters und die präzisen, wertvollen Hagelstrukturstudien Abichs.

Ihrer Form nach können die Hagelkörner einfachster Struktur in drei Gruppen gereiht werden.

In die erste Gruppe zählen wir jene Schloßen, deren Form einem Kegel mit krummer Basis, einer Pyramide, nicht selten auch der eines Pilzes oder einer Birne ähnlich ist. Diese Stücke wachsen hauptsächlich an ihrer Grundfläche, indem während des Falles die Spitze nach oben gerichtet bleibt, was man aus ihrer Form auf Grund physikalischer Betrachtungen schließen darf.

In der zweiten Gruppe können jene Eisstücke zusammengefaßt werden, welche kugel- oder halbkugelförmig, manchmal auch linsenförmig, sphäroidisch oder ellipsoidisch sind. Ihre Häufigkeit ist nicht geringer als die der vorausgehenden Gruppe. Die Entwicklung dieser Eiskörner charakterisiert das gleichmäßige Wachstum derselben an allen Punkten der Oberfläche, was eine Drehung des Eisstückes um einen Punkt im Innern desselben voraussetzt.

In die dritte Gruppe gehören jene flachen Gebilde, die ein Korn der zweiten Gruppe enthalten, das von einer angefrorenen ringförmigen Verdickung umfaßt ist, und zwar hauptsächlich parallel einer bevorzugten Ebene, z. B. am Äquator des Sphäroids. Die Verbreiterung ist kristallinischer Struktur und vom Kerne und den konzentrischen Schalen scharf unterschieden. Ihre Kristalle sind rein und durchsichtig und liegen nebeneinander in radialen Strahlen, welche gegen den Kern konvergieren.

Am häufigsten findet man in dieser Gruppe flache, ellipsoidale Gebilde.

Unsere drei Gruppen, welche sich wesentlich unterscheiden, erschöpfen sämtliche Formen der Hagelkörner und entsprechen je einem Entwicklungsstadium des Kornes. Den Charakter der ersten Gruppe gibt der gut entwickelte, schneeartige Kern, die zweite zeichnet sich besonders durch ihre konzentrischen Hüllen aus, und die dritte unterscheidet sich von den ersten durch den aus radial aneinander gereihten Kristallen bestehenden partialen Gürtel oder auch das ganze Korn der ersten oder zweiten Gruppe umfassenden Mantel. Die konzentrischen Schalen und Hüllen dürfen ihren Ursprung dem Zusammenfließen und momentanen Erstarren untergekühlter Wassertröpfchen verdanken, während wir für die radialen kristallinischen Gebilde annehmen müssen, sie seien das Produkt einer langsamen Abkühlung von Wasser über 0° und dieser folgenden natürlichen Kristallisation.

Für die Entstehung des Gürtels der letzten Gruppe müssen wir noch eine Erklärung suchen. Die Form dieser Körner erinnert uns an die der Rotationskörper und läßt uns vermuten, daß sie tatsächlich durch Rotation um eine Achse entstehen, während das Korn noch mit flüssigem, langsam abkühlendem Wasser umgeben war. Die Fliehkraft treibt dieses Wasser an den Äquator des sphäroidalen Hagelkornes, und zwar desto stärker, je mehr dieses bereits abgeplattet ist. Hier gefriert es dann, indem es Wärme einesteils an das Hagelkorn abgibt und andernteils zur Verdunstung verwendet. Änderungen der Rotationsachsen besitzen keine große Wahrscheinlichkeit und erzeugen unregelmäßigere, seltenere Formen, welche auch durch Zusammenfrieren (Regelation) zusammenprallender Hagelkörner entstehen können.

Als wichtige Tatsache, welche fast als Regel gelten darf, muß erwähnt werden, daß während eines Hagelschauers von kurzer Dauer meist Körner derselben Form oder Gruppe niederfallen. Auch bei Hagelfällen von längerer Dauer fallen während einer Phase, welche von den andern durch kürzere

oder längerere Pausen getrennt wird, einander ähnliche Stücke. Es setzen die verschiedenen Phasen ganz markant mit Körnern von anderer Form ein, welche nach Verlauf einer kurzen Zeit über die vorher gefallene Form dominiert.

Diese Erscheinung darf vielleicht mit der Struktur der Hagel- und Gewitterwolken in Einklang gebracht werden. Jede Hagelwolke kann durch Hagelkörner von bestimmter Form charakterisiert sein, indem die Struktur des Hagelkornes unbedingt von der Struktur der Wolke abhängen muß. In dem Hagelkorne von innen nach außen spiegeln sich die Zustände und Vorgänge in der Wolke von oben nach unten. In den höchsten Regionen der Wolke, welche zur Hagelbildung noch mitwirken, finden wir gleichzeitig nebeneinander Schneekristalle und unter 0° gekühlte Wassertröpfchen, sie liefern den Kern der Schloßen. In den mittlern Wolkenpartien finden wir ohne Schnee untergekühlte Wassertröpfchen, welche zum Wachstume des Kornes beitragen und die konzentrischen Hüllen ergeben.

Die untersten Teile der Wolke bestehen aus Wassertröpfchen über 0° und liefern das Material zum kristallinischen Gürtel oder Mantel des Kornes.

Wie dieser Vorgang tatsächlich verläuft, und wie manche Schloßen ihre außergewöhnliche Größe erreichen können, ist noch unentschieden und wird durch verschiedene, einander in manchem widersprechende Ansichten darzustellen versucht. So auch durch die einfache und natürliche Erklärung Leopold v. Buchs, welcher zur Gravitation Zuflucht nimmt, um eine ausreichende Erklärung der Erscheinung zu finden. Jedes größere Eiskorn erreicht infolge seiner größern Beschleunigung (in Luft) unter ihm fallende, kleinere Regentropfen, welche mit ihm zusammenfrieren und so seine Masse vergrößern. So manche Forscher, welche zur Prüfung der Erklärung auch Versuche anstellten, schlossen sich Buch an und meinten, mit dieser Erklärung die Aufgabe gelöst zu haben. Versucht man jedoch, die Stichhaltigkeit der Ansicht an einem Zahlenbeispiele zu beleuchten, so sieht man bald, daß die Verschiedenheit der Beschleunigungen der Schloßen und der Regentropfen zur Ausbildung größerer Eisstücke nicht nur nicht ausreichend ist, sondern daß diese Ursache zum Wachstume der Schloßen nur wenig beiträgt und nur eine sekundäre Ursache ist.

Kronich zeigt rechnerisch, daß diese Ursache selbst in den extremsten Fällen nur eine Vergrößerung des Hagelkornes um 2 *mm* hervorrufen könnte, also ganz unzulänglich ist. Einen ähnlichen Einfluß auf das Wachstum der Eiskörner wird die Elektrizität ausüben. Wassertröpfchen und Eiskugeln ziehen sich infolge ihrer im Vorzeichen entgegengesetzten elektrischen Ladungen an mit einer Kraft, welche nach dem Coulombschen Gesetze berechnet werden kann. Außerdem wirkt auch noch das elektrische Erdfeld auf das Wachstum günstig, indem es eine Beschleunigungsänderung der Wassertropfen und Eiskugeln herbeiführt, welche ähnlich wirkt wie die von Buch erwähnten Beschleunigungsunterschiede und diese unterstützt. Schließlich kommt Kronich zu dem Ergebnisse, daß die drei Ursachen, nämlich Beschleunigungsunterschiede von Tropfen und Schloßen infolge Massenunterschiedes und Luftwiderstandes, elektrische Eigenladung der Tropfen und Schloßen, endlich das elektrische Feld, genügen dürften, auch die außergewöhnliche Größe einiger seltener Hagelschloßen zu erklären.

Luftbewegung, Wind und Sturm.

Die Luftzirkulation um die barometrischen Maxima und Minima und die Bildung von sekundären Wirbeln behandelt H. Hildbrand Hildbrandsson.[1]) Die Beobachtungen der obern Wolken (Cirrus)

[1]) Rapport sur les Observations internationales des Nuages II. Upsala 1905.

wurden hauptsächlich zu diesem Zwecke angestellt. Dank der direkten Höhenmessungen der Wolken während des internationalen Wolkenbeobachtungsjahres hat sich ergeben, daß die Höhe der Zyklone und Antizyklone in einem und demselben Lande sehr verschieden sein kann. In einzelnen Fällen wird die Drift der Cirruswolken in der Höhe durchaus nicht von der Luftbewegung, die sich am Boden als zyklonal oder antizyklonal erkennen läßt, beeinflußt, in andern Fällen reichen aber die Zyklone und Antizyklone so hoch in die Atmosphäre hinauf, daß die Cirren sich um sie als Zentrum nach dem allgemeinen Windgesetze bewegen, so wie dies sonst nur die untern Wolken tun. Hildbrandsson gibt Beispiele, in welchen die obern Wolken nach Ausweis ihrer Bewegung nicht von den atmosphärischen Störungen darunter erreicht wurden (so am 25. und 26. Juli 1896). Ein Beispiel, in welchem die Wirbel bis in die Höhe der Cirruswolken reichten, bietet die Zeit vom 1. bis 4. September 1896. Die Depressionen und Wirbel unserer Wetterkarten betrachtet Hildbrandsson als Trabanten des großen atmosphärischen Wirbels, dessen Zentrum der Pol ist. Dieser große Wirbel mit seiner Bewegung aus W. nach O. vollzieht sich über den sogenannten barometrischen Depressionen und Hochdruckgebieten, und es ist klar, daß die aus diesen letztern oben austretenden Luftmassen in den ostwärts gerichteten Zug des großen obern Wirbels geraten müssen.

Beiträge zur Dynamik des Föhns lieferte H. von Ficker.[1]) Die Untersuchungen beruhen auf vom Verf. veranlaßten Beobachtungen im Inntale bei Innsbruck und in mehrern benachbarten Stationen in geringer horizontaler, aber beträchtlicher vertikaler Entfernung. Diese Beobachtungen wurden von 1904 Januar 1 bis 1905 Januar 1 angestellt, doch kamen für die Untersuchungen hauptsächlich nur die ersten sechs Monate in Betracht, da der Sommer 1904 fast völlig föhnlos war. Es ergab sich zunächst folgendes:

1. „Das schon von Pernter beobachtete Aussetzen des Föhns in Innsbruck während der Morgenstunden (Föhnpausen) ist in weitaus den meisten Fällen nur ein Phänomen des Tales, stellt also eine Störung des Föhnverlaufes im Tale dar, nicht aber ein Aufhören des Föhns überhaupt.

2. Mit dieser in den Morgenstunden auftretenden Störung in Innsbruck hängt die Erscheinung zusammen, daß kurze Föhnwinde, die nachts ausbrechen und vor Sonnenaufgang wieder erlöschen, in Innsbruck (573 *m* Seehöhe) nicht zum Durchbruche kommen, während sie in Igls (876 *m* Seehöhe südlich von Innsbruck) bedeutende Temperatursteigerung bewirken.

3. Der Beginn des Föhns tritt zumeist in der Höhe früher ein, das Ende im Tale, eine Erscheinung, die ebenfalls mit der Störung in Zusammenhang stehen dürfte.

4. Temperaturschwankungen treten in jener Station auf, die gegenüber der höherliegenden Station als potentiell zu kalt erscheint. Diese Schwankungen, die vor allem eine Begleiterscheinung der Störungen im Tale sind

[1]) Innsbrucker Föhnstudien. Denkschriften der mathem.-naturwiss. Klasse der k. k. Akademie Wien. **78.** Wien 1905.

und dadurch mit dieser (auch genetisch) im Zusammenhange stehen, werden in Innsbruck erzeugt durch Wogenbildung an der Grenzfläche zwischen der im Tale stagnierenden oder langsam sich bewegenden kalten Luftschicht und der darüber hinwegwehenden warmen Föhnströmung. Sie sind ein Ausdruck für die Störung des thermischen Gleichgewichtes in der dynamisch erwärmten Luftströmung.

5. Während einer Föhnperiode fällt das Minimum der relativen Feuchtigkeit auf den Beginn der Föhnperiode, während wir im weitern Verlaufe des Föhns ein langsames Anschwellen zumeist konstatieren können. Diese Erscheinung steht im Zusammenhange mit der Wirkungsweise des föhnerzeugenden Minimums auf der Nordseite der Alpen, das zuerst die Luft auf der Nordseite und über den Alpenkämmen ansaugt, dadurch über letztern einen absteigenden Luftstrom erzeugt, woraus sich als physikalische Konsequenz die große relative Trockenheit auf der Gipfelstation ergibt. Wenn Luft der Südseite, in die Zirkulation mit einbezogen, auf der Luvseite des Gebirges aufsteigt, abkühlt und kondensiert, so tritt in den Föhnstationen Zunahme der relativen Feuchtigkeit ein, trotz der oft hiermit verbundenen größern Erwärmung.

6. Als Konsequenz der durch das Eindringen kalter, spezifisch schwerer Luft verursachten Störung in Innsbruck ergibt sich eine Luftdruckzunahme in Innsbruck während der Störung, zu deren exaktem Nachweise jedoch bisher ein genügendes und genügend einwandfreies Material mangelt."

Ferner fand Verf.:

1. Der Föhn erhöht die Temperatur in Kematen (Seehöhe 593 *m*, westlich von Innsbruck) in gleicher Weise wie in Innsbruck, doch bleibt die in Kematen erzeugte Erwärmung viel weniger lang konstant wie in Innsbruck. Die Föhnwirkung ist daher dem Gesamtbetrage der Erwärmung nach viel geringer als in Innsbruck.

2. Die in Innsbruck auftretenden Föhnpausen, d. h. Störungen des kontinuierlichen Föhnverlaufes, wie wir einen solchen in Igls beobachten können, werden erzeugt durch eine kalte Luftströmung, deren Weg durch das Oberinntal abwärts führt, denn

3. diese Störungen treten zeitlich früher und dem Betrage der Abkühlung nach intensiver in Kematen auf.

4. Die Geschwindigkeit des Vorrückens der Störung von Kematen nach Innsbruck, sowie die Intensität der Beeinflussung Innsbrucks in bezug auf zeitliche Dauer und Erniedrigung der Temperatur sind abhängig von der Heftigkeit des Föhns, insbesondere von der Windgeschwindigkeit der Föhnströmung, ferner von der Temperaturdifferenz zwischen Föhnströmung und der kalten, störenden Luftströmung. Große Windgeschwindigkeit des Föhns und geringer Temperaturgegensatz der beiden Luftströmungen können bewirken, daß die Störung von Kematen nach Innsbruck nicht vorrücken kann.

5. Von der vertikalen Mächtigkeit der störenden Luftströmung ist es abhängig, ob auch höhere Stationen wie Innsbruck in die Störung miteinbezogen werden.

6. Die Störung ist dem Vorgange verwandt, der das Ende eines Föhns überhaupt herbeiführt, weshalb in Kematen der Föhn früher endet als in Innsbruck, was mit den Einschränkungen gilt, die früher für die übrigen Stationen angegeben wurden (Wettersturz, Gewitter).

7. Der Störung gehen auch in Kematen meist bedeutende Temperaturschwankungen voraus, besonders bei heftigem Föhn. Während der Störung kann der Föhn zeitweise auch in Kematen wieder zum Durchbruche kommen. Bei schwachem Föhn entwickelt sich die Störung in Kematen und Innsbruck langsam und stetig, bei heftigem Föhn geht die Abkühlung in einer oft unvermittelten Temperaturstufe vor sich.

Die Ergebnisse seiner Untersuchungen faßt Verf. in folgender Weise zusammen:

„Bei Föhn in Innsbruck ist bereits in geringer Entfernung westlich, in Kematen, der Gang der Temperatur bei weitem nicht mehr so stark beeinflußt als in Innsbruck selbst, woraus besonders zur Nachtzeit, wo das Gebiet westlich Innsbrucks normalerweise stark abkühlt, große Temperaturgegensätze resultieren. Erreicht die Temperaturdifferenz Innsbruck—Kematen einen gewissen Betrag, so setzt sich die kalte Luft im Oberinntale in Bewegung, da die beiden verschieden temperierten Gebiete nicht im Gleichgewichte nebeneinander bestehen können. Die kalte Luft schiebt sich durch das Oberinntal vor und lagert sich unter die warme Föhnströmung, wodurch in Innsbruck eine Föhnpause entsteht. Von der vertikalen Mächtigkeit dieses Keiles kalter Luft ist es abhängig, ob auch höhere Stationen wie Innsbruck in die Föhnpause miteinbezogen werden. Diese Ausfüllung des Talbeckens mit kalter Luft äußert sich auch manchmal deutlich in einer Zunahme des Luftdruckes in Innsbruck.

Die Intensität dieser Störungen oder Föhnpausen ist abhängig von der Windgeschwindigkeit der Föhnströmung, sowie von dem ursprünglichen Temperaturgegensatze zwischen den zwei verschieden temperierten Luftgebieten. Nur in seltenen Fällen dringt die Föhnpause nicht von Kematen bis Innsbruck vor, wenn entweder die Windgeschwindigkeit des Föhns zu groß oder die ursprüngliche Temperaturdifferenz zu klein ist. In Innsbruck ist bei Föhn eine Föhnpause in den Morgenstunden Regel.

Diese Erscheinung hat nichts zu tun mit dem stoßweisen Aussetzen und Wiederausbrechen des Föhns auf der ganzen Linie, eine Erscheinung, als deren Ursache Hann das Vorüberziehen sekundärer Depressionen angibt.

Genetisch stehen mit den Föhnpausen im Zusammenhange die zahlreichen Föhnstöße, die sich in oft regelmäßigen Intervallen folgen und in lebhaften Temperaturschwankungen kundgeben. Sie treten vor allem an jener Station auf, welche gegenüber der nächst höhern potentiell zu kalt ist, wenn das thermische Gleichgewicht in irgend einer Höhenschicht der Föhnströmung gestört ist. Besonders zahlreich und intensiv treten sie im Tale während der Föhnpausen auf und sind in diesem Falle auf Wogenbildung an der Grenzfläche zwischen der ruhig im Tale lagernden kalten Luft und der darüber hinwegwehenden, warmen Föhnluft zurückzuführen, eine Erklärung, die auch durch Beobachtung von Wogenbildung an der Grenzfläche von Talnebel gestützt ist.

Eine Störung des thermischen Gleichgewichtes tritt auch ein, wenn eine am Steilhange liegende Station (wie Heiligenwasser) bei Föhn im Windschatten liegt. Eine solche Station erscheint als zu kalt, der Gang der Temperatur scheint ungemein schwankend. Vielleicht tragen solche im Windschatten gelegene Kaltluftgebiete bei zur Ausbildung kalter Luftstöße, die bei Föhn in das Tal hinabgelangen. Diese Gleichgewichtsstörung (in Heiligenwasser) ist am stärksten im Winter und verschwindet, wenn die Hänge schneefrei werden; die Erscheinung besitzt demnach einen jährlichen Gang.

Windmessungen vom Patscherkofel und Lanserkopf beweisen, daß an exponierten Punkten der Föhn eine sehr kontinuierliche Luftströmung darstellt, daß also das stoßweise Wehen des Föhns im Tale auch eine Folge der weniger freien Lage der Talstationen ist. Dies ist die Erklärung für jene Windstöße im Tale, die nicht von Temperaturvariationen begleitet sind.

Wolkenbeobachtungen lehren ferner, daß im Windschatten infolge der aspirierenden Wirkung der Föhnströmung entgegengesetzt gerichtete Luftwirbel erzeugt werden, als deren Folge wir sehr wahrscheinlich die von Norden kommenden Windstöße bei Föhn in Innsbruck betrachten dürfen. Denn aus den Beobachtungen der eigentümlichen Wolkenbildungen bei Föhn auf dem Kamme der Nordkette müssen wir schließen, daß bei Föhn an der Nordkette eine nach aufwärts gerichtete Luftströmung vorhanden ist, daß also die von Norden kommenden Windstöße nicht als Rückstoß aufgefaßt werden können, den die Föhnströmung an der Nordkette erleidet.

Wolkenbeobachtungen ergaben ferner, daß die Föhnmauer nicht immer nur Kondensationsprodukte der Luvseite darstellt, sondern daß an ihrer Bildung auch mit Kondensation verbundene Luftwirbel der Leeseite beteiligt sein können. Ferner fanden wir, daß die Föhnmauer oft weit über den Brennerkamm nach Norden vorreicht, was in Verbindung mit der Bewölkung an der Nordkette oft eine wesentliche Vergrößerung der Allgemeinbewölkung bei Föhn darstellt.

Der Gang der relativen Feuchtigkeit auf dem Patscherkofel zeigt, daß die Höhe bei Beginn des Föhns relativ trocken ist, daß aber die relative Feuchtigkeit während des Föhns ungeachtet der Temperaturzunahme steigt. Wir finden aber bei Beginn des Föhns eine Luftströmung mit vertikaler Komponente, auch wenn der Föhn nicht aus einer Antizyklone herausweht. Erst im weitern Verlaufe des Föhns, wenn nämlich die Zirkulation von Süden über die Alpen nach Norden beginnt, steigt in der Höhe die relative Feuchtigkeit, während für die tiefern Stationen oft das umgekehrte Verhältnis gilt. Man hat also zwei verschiedene Föhnstadien zu unterscheiden. Im ersten, dem Anfangsstadium fast eines jeden Föhns, ist die Höhe noch relativ trocken. Es existiert noch keine Zirkulation über die Alpen. Im zweiten, wenn eine Zirkulation über die Alpen vorhanden ist, steigt die relative Feuchtigkeit in der Höhe. Es ist also tatsächlich ein physikalischer Unterschied vorhanden, ob ein Föhn nur aus einer über den Alpen lagernden Antizyklone herausweht, oder ob er einer die Alpen überwehenden Strömung seine Entstehung verdankt.

Nahe verwandt den Föhnpausen sind die Erscheinungen bei dem Ende eines Föhns, das immer dadurch herbeigeführt wird, daß kalte Luft von Westen in das Föhngebiet eindringt, sich keilförmig einschiebt und den Föhn zuerst im Tale, später in Igls und zuletzt auf dem Patscherkofel zum Erlöschen bringt. Der Föhn endet auf dem Patscherkofel oft erst ein bis zwei Tage später als im Tale, und so lange erscheint dann meist auch der endgültige Eintritt schlechten Wetters verzögert. Zwischen kurz dauernder Föhnpause im Tale und dem Erlöschen des Föhns auf der ganzen Linie finden wir alle Übergänge.

Der tägliche Gang der Temperatur ist nur in der kalten Jahreszeit durch den Föhn gänzlich verwischt. Bei zunehmender Sonnenhöhe gewinnt auch bei Föhn der normale tägliche Gang immer mehr Einfluß, wie sich sowohl aus den Beobachtungen, wie auch aus theoretischen Betrachtungen ergibt."

Die Bora in Noworossijsk. Dieser Ort liegt im westlichen Kaukasien, 100 *km* von Jekaterinodar entfernt, und besitzt einen vorzüglichen Hafen. Die Heftigkeit, mit der die Bora dort auftritt, und die damit verbundene Kalamität für diesen sonst so vorzüglichen Hafen haben das russische Ministerium der Wegekommunikationen, als es zum Ausbaue von Hafenanlagen in Noworossijsk schritt, bewogen, seine besondere Aufmerksamkeit dieser Erscheinung zu schenken. Behufs eines allseitigen Studiums dieses Phänomens beschloß daher das genannte Ministerium im Jahre 1891 mit Unterstützung des Physikalischen Zentralobservatoriums, in Noworossijsk drei meteorologische Stationen einzurichten: eine oben auf dem Marchotskijpaß, von wo die Bora kommt, die zweite beim Hafen, gegenüber der Stadt, am jenseitigen Ufer der Bucht, und die dritte in der Stadt selbst. Die drei Stationen liegen ziemlich genau in der Bahnrichtung der Bora je ca $2\frac{1}{2}$ *km* voneinander entfernt. Die erste Station liegt 435.5 *m* über dem Meeresniveau und um 398 *m* höher als die beiden untern Stationen, die sich unge-

fähr in gleichem Niveau befinden. Als die Hauptstation ist diejenige im Hafen anzusehen, die besonders vollständig mit Apparaten ausgerüstet ist und neben einer vollständigen Serie von Instrumenten zum direkten Ablesen auch alle Registrierapparate besitzt. Die beiden andern Stationen waren anfänglich nur mit je einem Barograph, Thermograph und Hygrograph ausgerüstet; im Jahre 1893 wurde aber die obere Station in eine solche zweiter Ordnung umgewandelt, und vom Juli jenes Jahres liegen von dort regelmäßige Beobachtungen vor. Im Jahre 1900 wurden es zehn Jahre, daß aus Noworossijsk Beobachtungen vorlagen, und zwar so ausführliche, wie bis jetzt noch aus keinem andern Rayon, der von der Bora heimgesucht wird, und es war daher erwünscht, dieses reiche Material einer umständlichen Untersuchung zu unterziehen.

Dies ist durch N. A. Korostelew geschehen, und von seiner in russischer Sprache erschienenen Abhandlung gibt die Meteorologische Zeitschrift einen eingehenden Bericht[1]) von A. Schoenrock, dem das Nachstehende entnommen ist. Was die allgemeine Wetterlage bei der Bora in Noworossijsk anbelangt, so hat sich erwiesen, daß, um die Bora hervorzurufen, „dieselbe sich in der Weise gestalten muß, daß im Gebiete von Noworossijsk vom Kontinente zum Meere sich ein starker barometrischer Gradient heranbilden kann.“ Im allgemeinen spielen die Hauptrolle bei der Entstehung der Bora Maxima in den zentralen oder südwestlichen Gouvernements, die in den meisten ($^3/_4$) Fällen aus dem westlichen oder nordwestlichen Europa und nur zu $^2/_3$ aus Sibirien oder aus N. stammen; gerade aber diese haben die meisten starken Borastürme erzeugt. Natürlich ist während der Bora gewöhnlich ein barometrisches Minimum auf dem Schwarzen Meere zu bemerken; daß aber die Bora nicht so sehr durch dieses, als hauptsächlich durch das Maximum bedingt wird, ersieht man daraus, daß der mittlere Luftdruck während der Bora in Noworossijsk, als im Rayon des Schwarzen Meeres über dem normalen liegt, und daß öfters das Minimum sich erst, nachdem die Bora schon aufgehört hat, auf dem Schwarzen Meere einstellt.

In den meisten Fällen (60%) tritt die Bora bei steigendem Barometer in Noworossijsk ein; im allgemeinen aber werden dabei sehr große Luftdruckschwankungen beobachtet, im Winter z. B. bis 7.4 *mm* im Mittel, in einzelnen Fällen aber von 10 bis 17 *mm*. Was die Temperatur anbelangt, so tritt gewöhnlich mit der Bora eine starke Abkühlung ein; Fälle mit steigender Temperatur treten fast ausschließlich nur in der wärmern Jahreszeit ein; dann zeigt die Bora sozusagen die Eigentümlichkeiten des Föhns. Die Temperaturerniedrigung ist im Winter sehr bedeutend, 7.7° im Durchschnitte; während der berühmten Bora vom Jahre 1899 fiel aber das Thermometer bis — 25°, wobei die sonst nie zufrierende Bucht von Nowo-

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 43.

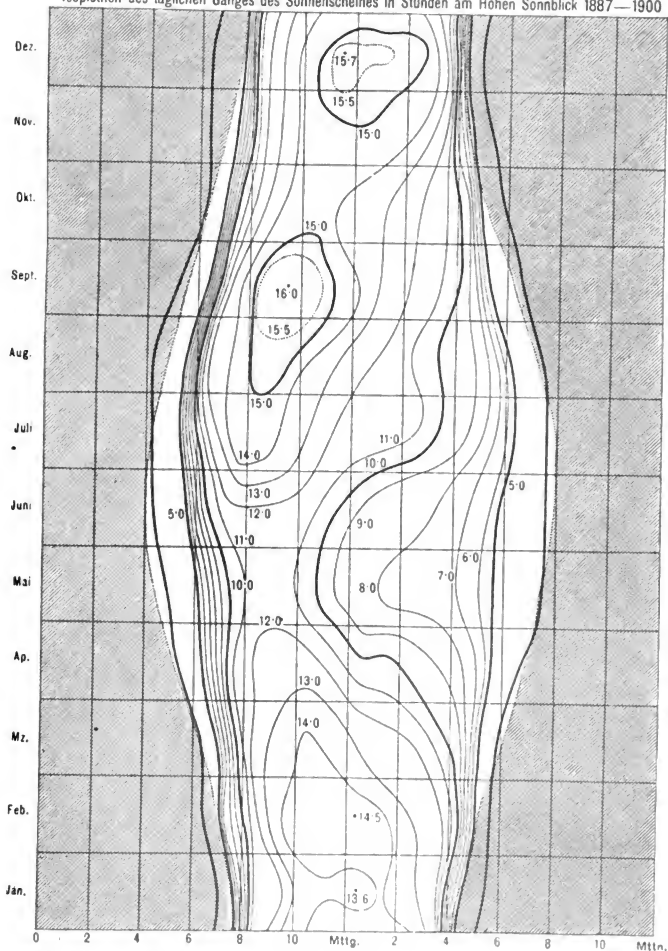
rossijsk binnen kurzer Zeit sich mit so starkem Eise bedeckte, daß es Menschen trug.

Oben auf der Paßhöhe hat der Luftdruck zuweilen während der Bora einen ganz andern Gang als unten; er fällt dort z. B., während er in Nowossijsk steigt. Was den Wind anbelangt, so erweist sich, daß in vielen Fällen (37%) oben schon vor Eintritt der Bora ein starker Wind herrscht, natürlich gewöhnlich aus NO.; merkwürdigerweise kommt es aber auch vor, daß oben der Bora ein SW.-Sturm vorangeht. Die Temperatur sinkt oben auch während der Bora gewöhnlich noch stärker als unten; in den meisten Fällen, mit Ausnahme des Sommers, geht das Quecksilber unter 0°.

Von besonderm Interesse ist die Zusammenstellung der meteorologischen Fakta oben und unten während der Bora. Es erweist sich, daß während der Bora der auf das untere Niveau reduzierte Luftdruck auf dem Passe um 0.7 *mm* (im Winter) bis 1.7 *mm* (im Frühjahre) niedriger ist als der Luftdruck in Noworossijsk. Dieses Resultat erscheint ganz paradox, da es den Eindruck macht, als ob der Wind gegen den Gradienten bläst. In einzelnen Fällen tritt diese Eigentümlichkeit noch schärfer hervor, und erreicht die Anomalie zuweilen 8 *mm*. Dieses Verhalten des Barometers während der Bora kann nur durch eine dynamische Drucksteigerung in Noworossijsk erklärt werden, für welchen Fall die Formel für die Reduktion des Barometers auf ein anderes Niveau keine Gültigkeit mehr hat. Daß es sich in der Tat so verhält, ergibt sich aus folgendem: Wenn man den Barometerstand der am Schwarzen Meere gelegenen kaukasischen Stationen während der Bora auf das Meeresniveau reduziert, so findet man, daß der reduzierte Luftdruck auf der Paßhöhe und z. B. derjenige in Szotschi und Batum übereinstimmen, daß aber das Barometer in Noworossijsk jedesmal abweicht, und zwar höher zeigt, welcher Umstand nur durch eine dynamische Luftdruckerhöhung an diesem letztern Orte erklärt werden kann.

Die Untersuchungen der Temperaturverhältnisse während der Bora haben aber gezeigt, daß dieselben bei der Entstehung dieser meteorologischen Erscheinung keine wesentliche Rolle spielen. Denn, wenn auch Temperaturanomalien bei der Bora auftreten, so hat es sich doch gezeigt, daß weitaus nicht immer das Vorkommen solcher Anomalien die Bora veranlasst, und es öfters vorkommt, daß nach dem Aufhören der Bora die vorhandene Anomalie noch weiter zunimmt. Noch deutlicher zeigt sich die Unabhängigkeit der Bora von der Temperatur, wenn man die weitere Umgebung in Betracht zieht, besonders die Kubansche Niederung, die hinter dem Gebirge liegt. Diesbezügliche Untersuchungen des Autors haben erwiesen, daß für die Entstehung der Bora ein Vorrat von kalter Luft hinter dem Gebirgszuge nicht erforderlich ist.

Der Autor kommt auf Grund seiner Untersuchung zu dem Schlusse, daß, „damit die Bora auftreten kann, solche meteorolo-



Klein, Jahrbuch XVI. Tafel IV.

gischen Bedingungen eintreten müssen, die einen heftigen NO.-Wind auf dem Passe von Marchot hervorrufen, welcher dann als die unmittelbare Ursache der Bora anzusehen ist.“ Der Autor gibt also für die Bora dieselbe Erklärung, wie Wild in seiner letzten Arbeit für den Föhn. Nach der Meinung Korostelews gehören beide Erscheinungen in eine und dieselbe Kategorie; nämlich beide sind Bergwinde. Der Unterschied besteht nur in der Begleiterscheinung der Temperatur, was wiederum dadurch bedingt wird, von wo der Wind kommt: Beim Föhn in der Schweiz stammen die Luftmassen aus südlichen warmen Gegenden, bei der Bora auf dem Schwarzen Meere dagegen aus N.

Die heißen Winde in Melbourne. Auf Grund von Beobachtungen der meteorologischen Anstalten in Viktoria hat R. v. Lendenfeld über die heißen Winde Melbournes Untersuchungen angestellt, die folgendes ergaben.[1]) Diese heißen Winde sind Nordwinde. Sie treten in Melbourne allsommerlich mehrmals auf und treiben die sonst dort auch im Sommer gemäßigte Temperatur sehr bedeutend in die Höhe. Sie halten wenige Stunden bis drei Tage an, nehmen während ihrer Dauer im allgemeinen an Schnelligkeit und Wärme zu und erreichen schließlich eine Geschwindigkeit von 60 bis 80 *km* in der Stunde und einen Wärmegrad von 40 bis 44°. Wenn sie heftig werden, führen sie riesige Staub- und Sandmengen mit. Sie enden unter Gewitterbildung plötzlich, indem sie nach S. umspringen, worauf eine rasche Abkühlung erfolgt, die bis 22° in der Stunde beträgt. Es ergibt sich, daß jene Winde sich stets am Vorderrande eines von W. nach O. fortschreitenden Gebietes niedern Luftdruckes befinden und an Heftigkeit in dem Maße zunehmen, in dem sich der Mittelpunkt des Niederdruckgebietes der Stadt Melbourne nähert. In dem Augenblicke, in dem dieses Depressionszentrum Melbourne (den Melbourner Meridian) passiert, erfolgt das erwähnte Umspringen des Windes nach Süden.

Dieser Wind kommt aus dem Innern Australiens, wo es im Südsommer sehr warm ist. Er überweht dann die etwa 700 *m* hohen, südwestlichen Ausläufer der Australischen Alpen, die nördlich an Melbourne vorbeiziehen, und wird beim Herabsteigen über ihren Südabhang verdichtet und noch weiter erhitzt. Er ist somit als ein Föhnwind aufzufassen und wie dieser abnorm heiß und trocken.

Weil er so heiß und trocken ist, verdorrt er die obersten Schichten des Bodens, über den er hinstreicht. Der Feuchtigkeit, die sie zusammenhalten, beraubt, fallen die Sand- und Staubteilchen, aus denen der Boden besteht, auseinander. Sie werden von dem Winde erfaßt und in so großen Mengen fortgetragen, daß sie schließlich, wenn das Depressionszentrum herankommt, und der Wind seine größte Schnelligkeit erlangt, den Himmel verdunkeln und die Sonne unsichtbar machen.

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1905. p. 118.

Luftelektrizität.

Sonnenstrahlung und Luftelektrizität. Dr. H. Rudolph machte[1]) von neuem auf seine im Jahre 1898 veröffentlichte Theorie aufmerksam, die den Zusammenhange beider Erscheinungsgebiete aufdeckt, und nach welcher die Tagseite der Atmosphäre, besonders aber die Randzone derselben mit schiefem Strahlendurchgange einen Überschuß an positiven Ionen erhalten muß. Den genauern Hergang bei dieser positiven Ladung der Luft hat er in einer neuen Schrift erörtert, deren Inhalt sich kurz folgendermaßen angeben läßt: Aus dem, was man über das Zusammenwirken von ultravioletten und den wahrscheinlich ebenfalls von der Sonne ausgesandten Kathodenstrahlen weiß, folgen drei einfache hypothetische Annahmen über die von der Sonne bewirkte Ionisierung, Ladung und Ableitung von Elektrizität über irgend einem Punkte der Erdoberfläche. Die darauf gestützte Rechnung führt zu einer geographischen und jahreszeitlichen Verteilung der luftelektrischen Erscheinungen, welche durch Kurven für die Zeit der Äquinoktien und der Solstitien veranschaulicht ist und gut mit den beobachteten Tatsachen übereinstimmt. — Die neuesten von P. Bonifaz Zölß mitgeteilten Resultate aus dem von P. Franz Schwab in Kremsmünster gesammelten reichen Beobachtungsmateriale bilden zum ersten Male eine direkte Bestätigung für den innigen Zusammenhang zwischen Erdmagnetismus und Luftelektrizität, was für Rudolphs Theorie von allergrößter Bedeutung ist. Auch vermag bis jetzt keine andere eine Erklärung für die enorm gesteigerte Leitfähigkeit und positive Unipolarität der Luft des arktischen Gebietes während der Sommermonate zu geben.

Dasjenige, wodurch sich die von Dr. Rudolph zugrunde gelegte Hypothese am meisten von allen andern unterscheidet, ist die aus ihr hervorgehende Schlußfolgerung, daß die Erde gar keine negative Eigenladung besitzt. Die beiden hauptsächlichsten jetzt geltenden Theorien über die negative Ladung der Erde sind die von Elster und Geitel und die von C. P. R. Wilson. — Wilson erklärt sie durch die Ausfällung der negativen Ionen bei Niederschlägen. Schon die Schwierigkeiten, die er bei der Erklärung des überaus energischen Vorzeichenwechsels der Niederschlagselektrizität und des Potentialgefälles findet, mehr noch aber das regellose Verhalten der beiden zueinander machen es wahrscheinlich, daß man es hier mit Influenzladungen zu tun hat. „Wenn", sagt Dr. Rudolph, „die Ausfällung der negativen Ionen die Ursache der Luft- und Gewitterelektrizität wäre, so müßte diese Beziehung doch hier ihre Hauptprobe bestehen; statt dessen stellt sich dann negatives Gefälle, d. i. das Verhältnis der Zerstreuung negativer und positiver Elektrizität, zuweilen sogar mit positiver Ladung der Niederschläge ein".

J. Elster und H. Geitel vertreten die Anschauung, daß sich der Erdball infolge der größern Beweglichkeit der negativen Ionen in der umgebenden Atmosphäre negativ ladet, und halten dabei besonders die mit Vegetation bedeckten Gebiete für die Stellen der Absorption negativer Ionen. „Wenn man genauer überlegt", sagt dagegen Dr. Rudolph, „findet man, daß jene Gebiete wegen der negativen Ladung aller frei in die Luft ragenden Teile der Pflanzen wahre Fangkäfige für positive Ionen sein müssen. Im übrigen ist dieser Hypothese durch die Untersuchungen von Simpson ja die Grundlage genommen. Danach ladet sich ein gegen äußere elektrische Einwirkungen geschützter Körper in ionisierter Luft nicht anders als mit den Voltaschen Potentialdifferenzen. Eine neuerdings von H. Ebert veröffentlichte Modifikation der Elster-Geitelschen Annahme zieht, wie mir scheint, aus einigen Experimenten zu weitgehende Schlüsse." Man muß sich vergegenwärtigen, daß das Überwiegen der positiven Ionen eine feststehende Tatsache

[1]) Meteorol. Zeitschr. Mai 1904. p. 213.

ist, und daß sich der Streit eigentlich nur um die Entstehung dieses Überschusses dreht. Während nun die andern Theorien seine Entstehung in der Nähe der Erdoberfläche oder wenigstens in den untern und mittlern Luftschichten suchen, hat nach Dr. Rudolphs Ansicht die positive Ladung ihren Ursprung schon in den ganz hohen Schichten, und die negative Ladung der Erde ist nur eine scheinbare. Das bei Ballonfahrten gefundene Ergebnis steht damit nicht im Widerspruche. „Denn", sagt Dr. Rudolph, „wenn z. B. bei Messungen mit dem Ebertschen Ionenaspirationsapparate 1 *cbm* Luft am Boden 1 elektrostatische Einheit negativer und $1^1/_4$ Einheiten positiver Elektrizität aufweist, in der Höhe dagegen 4 Einheiten negativer und $4^1/_2$ Einheiten positiver Elektrizität, so nimmt selbst bei Voraussetzung gleicher Geschwindigkeit für beide Ionen das Verhältnis von 1.25 unten auf 1.06 oben ab. Da aber die negativen Ionen in dünnerer Luft noch erheblich schneller wandern, so wird die Beobachtung noch kleinere Werte von q ergeben, obgleich der Überschuß positiver Ionen der gleiche geblieben ist."

„Fragt man nun", fährt Dr. Rudolph fort, „woher die als ganz sicher geltende Annahme von der negativen Eigenladung der Erde eigentlich stammt, so hat sich bei der wissenschaftlichen Erforschung der Luftelektrizität das herausgestellt, was man von vornherein zur Voraussetzung machte, wie es so häufig bei Untersuchungen geschieht, die sich anscheinend nur auf die Tatsachen und nur aufs Experiment stützen. Die reinen Empiriker vergessen gar zu leicht, daß jedem Versuche und jeder Schlußfolgerung aus einer beobachteten Tatsache eine wenn auch noch so unbestimmte Vorstellung vom Hergange der Sache vorangehen muß. Für die Berechnung des mittlern Potentialgefälles zieht man nun immer nur die sogenannten „ungestörten oder wenig gestörten Tage," d. h. die mit „Schönwetterelektrizität" oder „normalem" positiven Gefälle heran. Wer aber kann wissen, ob bei der großen Ausdehnung der Gebiete mit Niederschlag — oder wenigstens mit Bewölkung und negativem Gefälle — auf der ganzen Erde für einen gegebenen Zeitpunkt das mittlere Gefälle nicht nahezu Null ist? Das Gefälle kann sogar bei wolkenlosem Himmel negativ sein. Nach der Angabe von P. Bonifaz Zölß war es in Kremsmünster in 90% der Beobachtungszeit positiv, in 10% negativ. Wenn sich nun, was sehr wahrscheinlich ist, unter den negativen Werten an einem Orte oder wenigstens an bestimmten Stellen der Erde sehr hohe Beträge finden, so ist der wahre Mittelwert Null nicht ausgeschlossen. Damit fallen aber alle Berechnungen, die sich auf das „mittlere normale, positive Gefälle" stützen, in sich selbst zusammen, und es ist um so wahrscheinlicher, daß sich alles durch Influenzwirkung der aus dem Überschusse positiver Ionen resultierenden Ladung der Luft erklärt."

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, wie es zugeht, daß die Ströme positiver Elektrizität, die sich aus der Luft, z. B. auf Berge und andere isolierte Punkte richten, nicht eine Ladung der Erde hervorbringen, sondern ihre Energie umwandeln. „Dies", sagt Dr. Rudolph, „ist leicht verständlich, sobald man nicht an dem überaus hypothetischen Satze von der Erhaltung der Elektrizität in dem Sinne desjenigen von der Erhaltung der Masse festhält." Er erläutert dies näher an einem Beispiele.

Am Schlusse seiner oben erwähnten Schrift hat er neben einer Verwandlung von Elektrizität in Wärme auch eine Umwandlung in Radioaktivität als möglich bezeichnet. Um den Sinn dieser Äußerung näher zu bezeichnen, geht Dr. Rudolph auf die Vorstellung zurück, welche er über das Wesen der positiven und negativen Elektrizität veröffentlicht hat. „Danach ist die elektrische Ladung durch die Konfiguration der Atome, resp. der Konstellation der Atome innerhalb der Moleküle oder Molekülkomplexe bedingt, was der Wahrheit zweifellos näher kommt als die aus England stammende primitive Vorstellung von Atomsplittern, die gewissermaßen ein mit den chemischen Elementen in Verbindung tretendes elektrisches Element darstellen, und die unter dem Namen Elektronen jetzt überall als angebliche Ursache der Kathoden-

Radium- und verwandter Strahlen gelten. Daß eine solche Erklärung der rätselhaften Energiequelle der Radiumstrahlen zu großen Widersprüchen und neuen Rätseln führt, wird jeder finden, der eingehender darüber nachdenkt. Den Grund für die allgemeine Annahme dieser Vorstellung, die auch ihre überzeugten Anhänger nur unvollkommen befriedigen kann, bilden die genau zu verfolgenden vielfachen quantitativen Beziehungen bei den erwähnten Erscheinungen. Dieselben sind aber selbstverständlich auch bei anderer Erklärungsweise möglich, wie ja die bei chemischen Verbindungen frei werdende Wärme trotz genau feststehender Menge längst nicht mehr als bestimmte Quantität eines Wärmestoffes (des Phlogiston seligen Andenkens) vorgestellt wird." Die von Dr. Rudolph gegebene Erklärung der Radiumstrahlung führt die Radioaktivität auf ganz analoge Konstellationen der Atome von Molekülen oder Molekülgruppen zurück wie die positive und negative Ladung. Deshalb ist die Eigenschaft der Radioaktivität außer bei den Stoffen mit den höchsten Atomgewichtszahlen auch bei Stoffen mit kompliziert gebauten Atomgruppen, wie in organischen Körpern, wahrscheinlich; nicht minder aber bei solchen Molekülkomplexen, wie sie von Lenard in ultraviolett durchstrahlter Luft als unelektrische Träger oder Kerne, die bis zu vielfacher Atomgröße gehen, nachgewiesen sind. „Die mögliche Umwandlung elektrischer Ströme in Radioaktivität soll nun", wie Dr. Rudolph betont, „nichts anderes heißen, als daß vielleicht die positiv und negativ geladenen Luftmoleküle oder Ionen von mehr als Atomgröße durch Vereinigung vieler zu noch größern Gebilden, ähnlich jenen großen Trägern, aber mit einem Überschusse an positiven Ionen, umgewandelt werden, und daß dies die noch unbekannte Radiumemanation und auch die Radioaktivität der freien Luft erklärt. Eine Stütze findet diese Ansicht in den interessanten Versuchen von J. Borgmann, aus denen er schließt, daß bei elektrischen Entladungen etwas der Emanation Ähnliches entstehen muß. In der freien Atmosphäre würde dasselbe an den Orten stärksten Ausgleiches der positiven Luftionen mit der Erde stattfinden, d. h. besonders in den Gebirgen und bewaldeten Höhen. So erklärt es sich, warum die Radioaktivität der freien Luft vom Meere nach den Alpen hin zunimmt und in den Hochtälern derselben ein Maximum erreicht. Da die Gebirge zugleich die Orte stärksten Niederschlages und die Reservoire der Quellen sind, so ist es verständlich, daß sich die Radioaktivität dem Quellwasser mitteilt und durch Verdunstung aus den Bodenkapillaren oder bei chemischen Prozessen in der Erde, durch die Wasser absorbiert wird, wie es in den Gebieten heißer Quellen sein könnte, sich noch konzentriert. Die Erklärung verdienstvoller Forscher, wonach das aktive Gas von Radium selbst in den Tiefen der Erde herrühren soll, ist unhaltbar, weil dann das Meerwasser und die Luft auf dem Ozeane wegen der großen Tiefe des Meeres stärker radioaktiv sein müßten als Quell- oder Grundwasser; aber auch schon wegen der Unfähigkeit der Emanation, feste Körper zu durchdringen, sowie ihrer von Himstedt festgestellten Eigenschaft, bei langem Stehen sich gänzlich zu verlieren. Wie sollte sonst auch durch Diffusion in die Atmosphäre gerade in die Hochtäler eine so starke Radioaktivität gelangen, da doch häufig benachbartes Gestein als inaktiv nachgewiesen wurde."

Verhalten der atmosphärischen Elektrizität. Öffentlichen Blättern zufolge berichtete General Kuropatkin, daß gelegentlich der letzten Kämpfe und ebenso bei Liaojang infolge der zahlreichen Schüsse ein heftiges Gewitter ausgebrochen sei. Diese Schlußfolgerung steht zunächst in vollstem Widerspruche mit den Anschauungen, die in einem Teile von Österreich, Oberitalien und Frankreich vorwalten, und zu dem Verfahren des Böllerschießens behufs Abwendung und Zerstreuung der Gewitter geführt haben. Die Erfahrungen

haben freilich gelehrt, daß dieses Wetterschießen durchaus nutzlos ist, indem sich nach genauen Aufzeichnungen die Zahl der günstigen Fälle nicht wesentlich von der der ungünstigen verschieden herausstellt. Die Behauptung Kuropatkins, daß infolge der furchtbaren Kanonade auf den mandschurischen Schlachtfeldern Gewitter entstanden seien, ist aber auch nicht wissenschaftlich erwiesen. Indessen sind doch mehrere Fälle bekannt, in denen während großer Schlachten Gewitter zum Ausbruche kamen. So z. B. während der Schlacht von Solferino, wo das Gewitter so heftig wurde, daß die beiden Armeen eine Zeitlang ihre Operationen einstellen mußten. Ein anderes Beispiel bietet die Beschießung der Reede von Rio Janeiro am 20. September 1711 durch die Flotte unter dem Befehle von Duguay-Trouin, bei der Tag und Nacht von den Forts wie von den sechs Linienschiffen aus gefeuert ward, und mehrere Kriegsschiffe in die Luft gesprengt wurden. Während dieser furchtbaren Kanonade brach ein schreckliches Gewitter aus, dessen Donnerschläge selbst den Knall der Geschütze übertönten. Diese Beispiele ließen sich noch vermehren, allein sie sind nicht zahlreich genug, um den Zusammenhang in der angegebenen Richtung nachzuweisen, obgleich dieser, theoretisch betrachtet, wohl möglich sein könnte. Ganz absonderlich klingt aber eine Nachricht aus Hyères (bei Toulon), die folgendermaßen lautet: „Am 2. April d. J. herrschte in den Morgenstunden ein heftiger, von Osten kommender Schneesturm über der ganzen Gegend von Hyères; die Flocken fielen sehr dicht und zeitweise größer als ein Fünffrankenstück. Plötzlich hörten der Oberst und die Offiziere des dort kasernierten Infanterieregiments, daß auf der in der Nähe ihrer Kaserne gelegenen Besitzung des Dr. Vidal vier oder fünf Schüsse gegen das Unwetter abgegeben wurden. Die Wirkung war sozusagen eine augenblickliche. Der Schneefall hörte an der Kaserne und der Vidalschen Besitzung auf, während er die entlegenern Besitzungen noch länger als eine Viertelstunde heimsuchte. Der Schnee bildete so die Wände eines ungeheuern Brunnens von 500 bis 700 *m* Durchmesser, dessen Zentrum zweifellos der Schießposten war. Dieser interessante und überzeugende Versuch über die Wirkung des Wetterschießens wurde von dem Obersten und vielen Offizieren des Regiments dem Dr. Vidal schriftlich bestätigt.“ Diese Nachricht widerspricht nun in so hohem Grade allen bisherigen Erfahrungen und allen theoretischen Vorstellungen, daß man sie in der mitgeteilten Form unmöglich für zutreffend ansehen kann. Beobachtungen bilden allerdings das Rückgrat aller naturwissenschaftlichen Forschungen, aber nicht alle Berichte über Beobachtungen entsprechen den wirklichen Tatsachen. Von ganz anderm Gewichte sind einige Wahrnehmungen, die auf der meteorologischen Drachenstation der Deutschen Seewarte in Groß-Borstel bei Hamburg gemacht wurden, und über die Dr. Paul Perlewitz soeben berichtet. Die Erde ist im Gegensatze zur Atmosphäre

negativ elektrisch geladen. Infolgedessen sind es auch alle mit ihr in leitender Verbindung stehenden Gegenstände, besonders auch die Drachenwinde der Station, die absichtlich durch Kupfer- und dicke Eisendrähte mit einem Brunnen in gut leitende Verbindung gebracht ist. Wird nun mittels eines oder mehrerer Drachen ein mehrere Kilometer langer Stahldraht in die Atmosphäre emporgehoben, so muß an dessen beiden Enden in der Regel ein beträchtlicher elektrischer Spannungsunterschied herrschen, und in dem Drahte wird ein elektrischer Strom entstehen, der sich aber in der Regel nicht weiter bemerkbar macht, da die Drachenwinde elektrisch gut mit der Erde verbunden ist. Es trat nun zweimal, am 15. April 1903 und am 4. Juli 1904, an Tagen, die durchaus nicht gewitterhaft aussahen, plötzlich ein Blitz mit Donnerschlag auf, während der Draht in dem einen Falle wahrscheinlich völlig in glühenden Dampf verwandelt wurden, das andere Mal glühend flüssig wurde und in Kügelchen zu Boden fiel. Da man nicht an ein zufälliges Auftreten des Blitzes mit Bezug auf den Draht denken kann, so muß man annehmen, daß ohne diesen hoch in die Atmosphäre geführten Draht die elektrische Entladung an dieser Stelle nicht in Gestalt von Blitz und Donner zustande gekommen wäre. „Aus beiden Vorfällen“, sagt Dr. Perlewitz mit Recht, „ist zu schließen, daß man unter Umständen durch einen Drachenaufstieg elektrisch geladene Wolken oder Gewitterwolken entladen und damit ein Gewitter einleiten oder wenigstens einen Gewitterschlag, der sonst nicht zustande gekommen wäre, an einem beliebigen Orte hervorrufen kann, oder aber, daß man ein sich bildendes Gewitter durch solche Entladung überhaupt zunichte machen, wenigstens in seinem Ausbruche verzögern kann.“ Ob diese merkwürdige Erfahrung eine praktische Anwendung finden kann, muß zunächst dahingestellt bleiben, allein schon deshalb, weil Versuche nach dieser Richtung für den Experimentierenden höchst gefährlich sind.

Die Gewitter im südöstlichen Alpengebiete. Dr. K. Prohaska hat dort (in Steiermark, Kärnten und Krain) ein System von Gewitterbeobachtungen organisiert und die eingehenden Berichte Jahr für Jahr geprüft und zusammengestellt. In seiner jüngsten Publikation[1]) behandelt er das Jahr 1903, bringt aber auch Zusammenstellungen mehrjähriger Ergebnisse.

Die Anzahl der Blitzschläge, welche in dem genannten Beobachtungsnetze bisher verzeichnet wurden, waren:

1897 . . .	566 Blitzschläge	1900 . . .	402 Blitzschläge
1898 . . .	409 „	1901 . . .	384 „
1899 . . .	539 „	1902 . . .	529 „

[1]) Jahrbuch der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien 1905. N. F. **40.** Anhang.

Auf je 1000 Gewitteranzeigen entfielen in den Jahren

1897 . . .	24 Blitzschläge	1900 . . .	26 Blitzschläge
1898 . . .	19 „	1901 . . .	25 „
1899 . . .	25 „	1902 . . .	37 „

Die relative Blitzgefahr war also im Jahre 1902 eine besonders große.

Arten des Blitzschadens	1902 a) in Steiermark	1902 b) in Kärnten	1902 c) zusammen	10-jähriges Mittel
Personen vom Blitze getötet	20	5	25	17
Haustiere „ „ „	79	5	83	81
Zündende Blitze	72	10	82	78

Über die nähern Umstände, unter denen sich der Blitz seine Opfer holte, konnte folgendes in Erfahrung gebracht werden. Es wurden vom Blitze erschlagen: neun Personen auf freiem Felde, ohne Deckung, sechs unter einzeln stehenden Bäumen oder kleinen Baumgruppen, vier innerhalb von Gebäuden (davon eine am offenen Fenster sitzend), eine auf einem an der Außenseite eines Hauses befindlichen Gange und vier, die unmittelbar an der Außenseite von Gebäuden verweilten. In einem Falle konnte nichts bestimmtes festgestellt werden.

Es wurden ferner 145 Blitzschläge in Bäume gemeldet, in 95 Fällen war die Baumart näher bezeichnet, nämlich in

Fichten	22	Eschen	2
Tannen	5	Edelkastanien	2
Lärchen	9	Roßkastanien	1
Föhren	1	Nußbäume	3
Zirbelkiefern	1	Birnbäume	4
Eichen.	25	Apfelbäume	—
Buchen	—	Kirschbäume	1
Pappeln	11	Erlen	1
Weiden	2	Essigbäume	1
Linden	3	Ahorne	1

Im Jahre 1903 wurden durch Blitzschläge

	in Steiermark	Kärnten	zusammen
Personen getötet	10	3	13
Haustiere	27	14	41
Gebäude entzündet	50	14	64

Die Zahl der Schäden blieb also unter dem zehnjährigen Durchschnitte. In 68 aller Fälle, in welchen ein Baum den Zielpunkt des Blitzes bildete, ist die Baumart näher bezeichnet worden.

Es wurden getroffen:

Fichten	11 mal	Linden	3 mal
Tannen	2 „	Edelkastanien	2 „
Föhren	1 „	Nußbäume	1 „

Lärchen	8 mal	Apfelbäume	2 mal
Eichen	16 „	Birnbäume	8 „
Buchen	2 „	Kirschbäume	1 „
Pappeln	7 „	Zwetschenbäume . .	1 „
Eschen	2 „		

Von den dreizehn Personen, deren Leben einem Blitzschlage zum Opfer gefallen ist, wurden fünf innerhalb von Gebäuden — darunter eine beim Fenster stehend und eine beim Wetterläuten — ferner zwei unter einzeln stehenden Bäumen und zwei auf freiem Felde getötet; zwei Fälle blieben unentschieden.

In sieben Fällen traf der Blitz den Wasserspiegel, überdies werden, wie alljährlich, auch 1903 wieder Getreidegarben, Heuschober Kukuruzstämme, Feldkreuze, Brunnen usw. als Zielpunkte des Blitzes genannt.

Die von Trabert gewählte zweckmäßige Unterscheidung von stationären und Zuggewittern hat Prohaska beibehalten. Diese Einteilung ist zwar oft schwierig und erzwungen, da natürlich Übergänge häufig sind, in der Mehrzahl der Fälle gestaltet sie sich doch ziemlich einfach. Zu den stationären hat er jene Gewitter gerechnet, die sich entweder gar nicht oder nach verschiedenen Seiten ziemlich gleich stark ausbreiteten. Gewitter, die sich zwar vorwiegend nach einer Richtung entwickelten, aber über eine Erstreckung von 15 *km* nicht hinauskamen, wurden auch noch den stationären beigezählt. Als Zuggewitter wurden jene angesehen, die entweder eine deutlich ausgesprochene, durch mehrere halbstündig gezogene Isobronten sicher gestellte Fortpflanzung zeigten oder sich doch wenigstens 15 bis 20 *km* weit vom Ursprungsorte aus vorwiegend nach einer bestimmten Richtung ausbreiteten.

In Übereinstimmung mit Trabert hat er die Auflösungsstätte der Gewitter dort angenommen, wo die Stirnseite des vorrückenden, beziehungsweise sich ausbreitenden Gewitters ihre Zerteilung fand; hingegen hat er — nach längerm Schwanken — als Zeitpunkt des Gewitterschlusses nicht die späteste Meldung des ersten, sondern die späteste Meldung des letzten Donners angenommen. Er hat also nicht den letzten Zeitpunkt der Ausbreitung, sondern das tatsächliche Ende jedes einzelnen Gewitters vorgemerkt, um so dessen Dauer feststellen zu können.

Die in Rede stehende Untersuchung der Entstehung und Auflösung der Gewitter mußte auf Steiermark und Kärnten beschränkt werden, da Krain noch viel zu wenige und auch sehr ungleichmäßig verteilte Gewitterstationen besitzt.

Nachstehende Zusammenstellung läßt erkennen, daß in Steiermark und Kärnten zusammen 671 einzelne Gewitter unterschieden werden konnten.

Monat	Zug-gewitter	Stationäre Gewitter	Gewitter mit zweifelhaft gebliebenem Charakter	Summe	Verhältnis der Zuggewitter zu den station. Gewittern
Januar	—	1	—	1	(0)
April	3	4	2	9	0.75
Mai	37	75	30	142	0.49
Juni	46	127	39	212	*0.36
Juli	53	75	33	161	0.71
August	46	32	11	89	1.44
September . . .	20	12	6	38	1.67
Oktober.	10	5	—	15	2.00
November . . .	2	2	—	4	1.00
Jahr	217	333	121	671	0.65

Was die Dauer der Gewitter anbelangt, so ist auffallend, daß 43% aller erloschen, ehe sie eine Stunde dauerten und fast 25%, die weniger als ½ Stunde Dauer hatten. Was die Zugrichtung anbelangt, so herrschten Westgewitter vor.

Was den Einfluß der Örtlichkeit auf die Gewitterbildung und auf die Zugrichtung anbelangt, so findet Prohaska aus der Bearbeitung der Beobachtungen von 1903 für Steiermark und Kärnten, daß in Gegenden, die seit Jahren als gewitterreich bekannt sind, auch viele Gewitter ihren Ursprung nehmen. Als auffällige Gewitterherde treten hervor: das Mittelgebirge Kärntens von der Gurk südwärts bis zur Linie Villach—Klagenfurt und östlich anschließend das Gebiet der Saualpe, dann in Steiermark die östliche Hälfte des Bezirkes Murau, das Bachergebirge mit Umgebung und damit in Verbindung das Flußgebiet der Sann (mit Ausnahme des obersten Teiles) und das Grenzgebiet gegen Krain. Alle genannten Landesteile zählen auch zu den gewitterreichsten: Feldkirchen (nordwestlich von Klagenfurt) hatte 32, Brückl an der Saualpe ebenfalls 32, Mariahof (östlich von Murau) 30, Seizdorf bei Gonobitz 28, Steinbrück a. d. Save 28, Zabukovje 37 Gewittertage im Berichtjahre. Gewitterarme Gegenden wie das Ennsgebiet Steiermarks und das Mölltal Kärntens erzeugen auch wenig Gewitter.

Dem zeitlichen Zusammenfalle von Gewitterhäufigkeit und Neigung zur Gewitterbildung in der täglichen Periode entspricht auch ihr Zusammentreffen in bezug auf die Örtlichkeit. Beides ist eine Folge davon, daß dort die Gewitter nur kurze Zeit andauern und keine großen Strecken zurücklegen. — Es erlöschen daher auch dort viele Gewitter, wo viele entstanden sind.

Blitzschlag in eine der Pyramiden. Während des heftigen Gewitters vom 31. März (1905 wohl) wurde die zweite Pyramide von Gizeh vom Blitze getroffen, etwas unterhalb der Spitze. Einige der ungeheuern Steinblöcke, aus welchen die Pyramide gebaut ist,

wurden disloziert und rollten die Seiten hinab in den Sand. Der Gewittersturm war der heftigste, den man in Ägypten in den letzten fünfzehn Jahren erlebt hat. Es ist auch der erste bekannt gewordene Fall, daß eine der Pyramiden vom Blitze getroffen worden ist.[1])

Wirkungen eines Kugelblitzes. Während eines 6. Juli 1904 über Autun ziehenden Gewitters schlug der Blitz mehrmals ein, und das Gewitter endigte mit dem Auftreten eines Kugelblitzes, der von einem großen Getöse und kurzem Schlage ohne Rollen begleitet war. Nach dem Berichte von Roche[2]) wurde derselbe an drei verschiedenen Punkten auf einer Strecke von 500 *m* gesehen. An fünfzehn verschiedenen Teilen der Stadt rief er sonderbare Wirkungen hervor, von denen hier nur angeführt sei, daß mehrere Personen weggeschoben wurden oder Stöße erlitten, die eine an der Nase, eine andere am Arme, einem Schüler war ein Arm eine Stunde lang gelähmt; alle getroffenen Personen empfanden ein unangenehmes Kribbeln, eine hatte eine schwere Wunde am Handgelenke. Außer diesen Erscheinungen wurde noch folgendes beobachtet: 30 *m* von seinem Ausgangspunkte erzeugte der Kugelblitz eine sehr starke Erschütterung an dem mit einem Blitzableiter versehenen Hause der Unterpräfektur. Die anwesenden Personen glaubten, daß er vom Blitze getroffen sei; sie verspürten eine heftige Erschütterung. Als aber der Blitzableiter untersucht wurde, zeigte er sich in unversehrtem Zustande. Dies bestätigt die auch früher schon gemachte Erscheinung, daß der Blitzableiter keine Wirkung auf den Kugelblitz ausübt.

Blitzschäden in Preußen. Die „Berl. Statist. Korresp." verbreitete sich über die Schwankungen der Häufigkeit von Schadenblitzen in Preußen. Es zeigen sich darin deutlich Perioden offenbar gewitterreicherer Jahre, in denen sich die Blitzgefahr ganz auffallend erhöht; dann aber folgen wieder Perioden geringerer Blitzgefahr. So erscheint um 1881 bis 1883 die Blitzgefahr gering; sie steigt gewaltig von 1884 bis 1886, fällt 1887 bis 1888, steigt von neuem 1889 bis 1891, fällt etwas 1892 bis 1894, nimmt wieder sehr stark zu 1895 und 1896 und geht in den beiden nächsten Jahren erheblich zurück; dann folgt ein neuer Hochgang 1899 und 1900 und endlich ein beträchtlicher Niedergang in den Jahren 1901 bis 1903. Eine auffallende Zunahme zeigen die kalten Blitzschläge; sie dürften aber wohl in der Hauptsache auf die genauere Berichterstattung zurückzuführen sein. Am beweiskräftigsten für die Vergleichung sind jedenfalls die zündenden Blitzschläge. Da ergibt es sich, daß die letzten Jahre geringerer Blitzgefahr (1902 und 1903) auf dem Lande

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1905. p. 286.
[2]) Compt. rend. 1904. **89**. p. 465.

zusammen mit 1451, die frühern gewitterschwachen Jahre 1887 und 1888 mit 1470 Blitzschlägen vertreten sind. Für die Städte betrugen die betreffenden Vergleichszahlen 186 der jüngern gegen 222 der ältern Periode. Die beiden vorhergehenden blitzreichen Jahre 1885 und 1886 weisen für das Land zusammen 2175, für die Stadt 283 zündende Blitze auf, die jüngsten blitzreichen Jahre 1899 bis 1900 auf dem Lande 2592, in den Städten 393, was allerdings namentlich für die Städte eine nicht unerhebliche Erhöhung der Blitzgefahr bedeutet, die naturgemäß durch die Zunahme der Bebauung mit bedingt ist. Was den durch Blitzschlag verursachten Schaden anbelangt, so unterliegt dieser ähnlichen Schwankungen, wie die Anzahl der Blitzschläge selbst. In den Jahren 1885 bis 1886 betrug der Gesamtschaden 9.99, 1887 und 1888 nur 6.13 Millionen Mark. Die größten Schadenbeträge weisen die Jahre 1895 mit 6.51 Millionen und 1900 mit 6.57 Millionen Mark auf. Am niedrigsten war der Schadenbetrag 1887 (2.75 Millionen Mark), dann 1898 (3.32 Millionen). Betrachtet man den Blitzschaden getrennt nach Stadt und Land, so ergibt sich, daß die großen Städte einen sehr geringen Schaden durch Blitzschläge erleiden; er schwankt von 5000 bis 371 000 Mark und beträgt im 19 jährigen Durchschnitte 1885 bis 1903 bloß 75 200 Mark, darunter an Immobiliarschaden 42 400 Mark. Im Verhältnisse zum Gebäudewerte ist dieser Brandschaden winzig; es dürfte kaum $^1/_{200\,000}$ des Gebäudewertes jährlich durch Blitzschlag vernichtet werden. Bedeutender ist der Schadenbetrag bereits in den kleinern Städten, wo er von 137 000 Mark im Jahre 1890 bis 411 000 Mark im Jahre 1900 schwankt; der Durchschnittsbetrag erreicht 258 000 Mark. Das ganze Schwergewicht der durch Blitz verursachten Schäden hat das flache Land zu tragen; auf die Landgemeinden und Gutsbezirke entfallen allein 83.3 Millionen oder rund 93 Prozent des 89.6 Millionen Mark betragenden Gesamtschadens im Zeitraume 1885 bis 1903.

Statistische Untersuchungen über Schadenblitze in Ungarn hat Ladislaus von Szalay veröffentlicht.[1]) 1. Diese Untersuchungen umfassen den Zeitraum von 1897 bis 1903. In diesen Jahren wurden in Ungarn durch den Blitz 1027 Menschen getötet, welches im Mittel 128.5 Fällen pro Jahr entspricht.

2. Die in den Jahren 1902 bis 1903 vorgekommenen tödlichen Blitzschläge zeigen eine Abnahme der Fälle, indem diese in den vorhergehenden Jahren zwischen 147 bis 197, hingegen in den letzten zwei Jahren zwischen 115, resp. 114 variierten.

3. Die Einwohnerzahl in Ungarn betrug nach der Volkszählung vom Jahre 1901 16 621 574 Seelen, somit wurden pro Million Ein-

---

[1]) Jahrbücher der Kgl. ungarischen Reichsanstalt für Meteorologie 1905. **33**. Teil III.

wohner 7.6 Menschen durch Blitz getötet, resp. entfällt auf 131 579 Menschen ein tödlicher Blitzschlag.

4. Im Jahre 1902 wurden 66 Männer und 17 Kinder, ferner 20 Frauen und 12 Mädchen getötet. Im Jahre 1903 fielen 62 Männer, 17 Knaben und 32 Frauen sowie 3 Mädchen dem Blitz zum Opfer.

5. Der Blitz hatte in diesen wie auch in den frühern Jahren seine Opfer größtenteils aus dem Kreise der mit Landwirtschaft sich beschäftigenden Leute gewählt, und zwar wurden im Jahre 1902 1 Gutsbesitzer, 1 Landwirt, 27 Feldarbeiter, 9 Wirtschaftsknechte, 5 Schäfer und Hirten, 1 Kutscher, 1 Tabakgärtner, 10 Landwirtsfrauen, 5 Feldarbeiterinnen und eine Frau eines Feldhüters vom Blitze getötet, zusammen 78 Personen. Einem andern Berufe angehörende wurde 1 ärar. Förster, 1 Bergmann, 1 Bahnwächter, 1 Maurergehilfe, 1 Hebamme, 1 Hausbesitzerin, 1 Privatiersfrau, 1 Magd, insgesamt acht erwachsene Personen, durch den Blitz zu Tode getroffen; zu diesen sind noch 17 Knaben und 12 Mädchen zuzuzählen.

Die Zahl der Opfer männlichen Geschlechtes betrug 83, die des weiblichen 32.

Die im Jahre 1903 vorgekommenen ähnlichen Fälle zeigen weder nach Zahl und Beschäftigung, noch nach dem Geschlechte einen nennenswerten Unterschied. So wurden 1 Wirtschaftspächter, 6 Landwirte, 36 Feldarbeiter, 10 Hirten und Schäfer, 2 Taglöhner, 25 Feldarbeiterinnen, 1 Kutscher, 1 Waldarbeiter, insgesamt 82 Personen getötet.

Von andern Berufen angehörenden fielen dem Blitze 1 Pastorsfrau, 1 Beamtensfrau, 1 Kaufmannsfrau, 1 Tischlersfrau, 1 Magd, 1 Bahnbremser, 2 Artilleriesoldaten, 1 Ortsdiener und 1 Bergmann zum Opfer; insgesamt 12 Erwachsene, dazu sind noch 17 Knaben und 13 Mädchen zuzuzählen.

Die gesamte Anzahl der männlichen Opfer betrug 79, die der weiblichen 35.

6. Im Jahre 1902 wurden 78 Personen im Freien vom Blitze getötet, und zwar 48 auf offenem Felde, 5 auf der Straße während des Gehens, 1 im Laufen, 5 unter Firsten, 1 im Hofe, 3 auf dem Wagen, 18 unter Bäumen, darunter 1 im Walde unter einer Fichte, 1 unter einem Nußbaume, 2 unter Akazienbäumen, 2 unter Fichten, 1 unter einer Weide, 1 unter einer Linde, 1 unter einem Birnbaume, 1 unter einer Weißtanne, 1 unter einer Eiche, 5 unter verschiedenen nicht benannten Bäumen. Unter Dach wurden 35 Leute getötet und zwar: 21 in Wohnräumen, 5 in Türmen, 2 auf Dachboden, 1 im Schafstall, 4 in der Hausflur. In 2 Fällen ist der Ort nicht benannt gewesen.

Im Jahre 1903 fanden 93 Personen ihren Tod durch Blitz im Freien. 27 unter Firsten und Bäumen. Die Fälle verteilen sich detailliert wie folgt: 51 auf dem Felde, 1 im Gehen, 2 im Laufen, 4 am Ufer des Baches, 1 unter dem Wagen, 2 beim Brunnen, 2 auf der Land-

straße, 5 auf dem Wagen, 2 auf dem Hausdache, 1 unter einem Apfelbaume, 2 unter einer Buche, 1 unter einem Zerreiche, 1 unter einem Nußbaume, 1 unter einer Fichte, 1 unter einer Linde, 4 unter Birnbäumen, 5 unter Eichen, 3 unter nicht näher bekannt gegebenen Bäumen. Unter Dach kamen 20 Personen durch Blitz ums Leben, und zwar in Wohnräumen 12, in Türmen 2, in einer Windmühle 1, unter einem Schilderhause 1, an der Türschwelle 3, auf einem Eisenbahnzuge 1, und in einem Falle war der Ort nicht angegeben.

7. Der Zahl nach kamen im Jahre 1902 die meisten tödlichen Fälle (12) im Komitate Bihar vor; im Jahre 1903 steht das Komitat Torontál mit neun Fällen an erster Stelle.

Während dieser sieben Jahre, über welche solche detaillierte Ausweise vorhanden sind, kamen die meisten Fälle (48) im Komitate Bihar vor, die wenigsten, resp. keinen einzigen tödlichen Fall, hat das Komitat Esztergom zu verzeichnen.

Von sonstigen Schadenblitzen ist zu bemerken:

1. Während des Zeitraumes von 1873 bis 1903 kamen in Ungarn 7368 zündende Blitzschläge vor.

2. Als jährliches Mittel von 31 Jahren ergeben sich 234 zündende Blitzschläge.

3. Der durch Blitz verursachte Brandschaden belief sich im Jahre 1902 auf 370 657 Kronen und im Jahre 1903 auf 272 579 Kronen.

4. Die meisten zündenden Blitzschläge hat das Komitat Vas zu verzeichnen, wo im Jahre 1902 20 und im Jahre 1903 21 Fälle vorkamen. Die Komitate Brassó, Liptó, Szepes, Turócz haben in den letzten zwei Jahren keinen einzigen zündenden Fall zu verzeichnen.

5. Am häufigsten hat der Blitz im Jahre 1902 im Monate Juni (in 102 Fällen) und im Jahre 1903 im Monate Juli (in 62 Fällen) Brand gestiftet.

6. Nach den Stunden des Tages kamen die meisten Blitzzündungen im Jahre 1902 zwischen 4 bis 5 Uhr nachmittags vor, zu welcher 26 Fälle zu verzeichnen waren, im Jahre 1903 verschob sich das Maximum der Blitzschläge auf die Stunden zwischen 3 bis 4 Uhr nachmittags, bei welcher Gelegenheit 17 Brandschäden durch Blitz zur Anmeldung gelangten. Am seltensten kamen die Blitzschläge zwischen 7 bis 8 Uhr in den Morgenstunden vor.

Das Spektrum des Nordlichtes. Runge hatte darauf hingewiesen, daß Paulsens Annahme, das Spektrum des Nordlichtes stimme mit dem Spektrum des negativen Glimmlichtes einer Vakuumröhre, die O, N und CO enthält, überein, nicht zutreffend sei, und daß dessen Polarlichtlinien besser mit dem Spektrum des Kryptons zusammenzufallen scheinen, doch müsse das Spektrum des Polarlichtes erst genauer bestimmt werden. Nachdem nun Sykora seine

Spektralbeobachtungen des Polarlichtes ausführlich publiziert hat, verglich E. C. C. Baly diese Ergebnisse mit den Resultaten seiner eigenen Beobachtungen des Spektrums von Krypton, von dem er zwei Spektra erhalten, eins bei höherm und ein zweites bei vermindertem Drucke. Zwischen den Wellenlängen der von Sykora gemessenen Polarlichtlinien und denen der Kryptonlinien ist nun die Übereinstimmung eine gute; aber auch die von Paulsen angegebenen Wellenlängen stimmen mit denen von Kryptonlinien überein. Danach scheint es kaum zu bezweifeln zu sein, daß zwischen dem Polarlichtspektrum und dem Kryptonspektrum ein naher Zusammenhang existiert, und zwar scheint das zweite Kryptonspektrum, das des verdünnten Gases, hierbei am meisten beteiligt zu sein.[1])

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Die Durchsichtigkeit der Luft bei verschiedenen Witterungszuständen ist auf Grund der an der meteorologischen Zentralanstalt in Wien gemachten Beobachtungen von Dr. M. Samec untersucht worden.[2]) Die Ergebnisse haben also zurzeit nur lokale Bedeutung. Es wurde zunächst ein gut ausgeprägter täglicher Gang festgestellt, dem zufolge die Fernsicht morgens abnimmt, zwischen 6^h und 8^h a. ihr Minimum, um 2^h p. ihr Maximum erreicht und in den Abendstunden ziemlich konstant bleibt. Die drei Richtungen Ost, Süd und West, nach welchen gesonderte Fernsichtaufzeichnungen gemacht werden, sind in bezug auf die Sehweite durchaus verschieden. Am besten ist durchschnittlich die Fernsicht nach Westen, ihr folgt die nach Osten; durchweg sehr trüb ist die Luft im Süden (über die Stadt hin). Unter Benutzung der Tagesbeobachtungen wurde der Einfluß der Luftdruckverteilung, sowie der Windrichtung und Windstärke auf die Durchsichtigkeit der Luft geprüft. Die schönste Fernsicht findet sich im Mittel an solchen Tagen, an welchen das barometrische Maximum im Norden, Südwesten, Nordwesten oder zentral liegt; ferner ist auch das Zentrum einer Depression von klarer Luft begleitet. Von den Winden ist am klarsten der West, Nord und Westnordwest, hingegen zeichnen sich Südsüdwest und Ostnordost durch sehr getrübte Atmosphäre aus. Bei wachsender Windstärke nimmt die Luftklarheit zu und erreicht beim Stärkegrade 5 ihr Maximum. Barometerstand und Temperatur zeigen nur einen geringen Einfluß auf die Fernsicht. Durchschnittlich sind hoher Luftdruck und hohe Temperatur verhältnismäßig häufig Begleiter klarer Luft. Viel deutlicher ist der Zusammenhang der Fernsicht mit der relativen Feuchtigkeit, deren hohe Werte regel-

[1]) Naturwiss. Rundschau 1905. p. 131.
[2]) Anzeiger der k. k. Akad. der Wiss. in Wien 1905. Nr. 22. p. 410.

mäßig trübe Luft bedingen. Die öfter betonte Ansicht, daß klare Luft und folgender Regen häufig verbunden auftreten, erhielt in dieser Arbeit eine weitere Stütze. Die Beobachtungen über Morgennebel zeigen, daß dieser nicht selten in Klarheit übergeht, oft aber den ganzen Tag anhält. Starke Bewölkung hat, wenn auch kein Hindernis für klare Luft, doch selten diese als Begleiterscheinung.

Durchsichtigkeit der Luft. Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Catania sind seit Januar 1901 regelmäßige Beobachtungen angestellt über die relative Durchsichtigkeit der Luftmasse, die längs des südlichen Abhanges des Ätna bis zum Gipfel desselben sich erstreckt, d. h. eine horizontale Entfernung von 30 *km* und eine Höhe von etwa 3 *km* in maximo besitzt. Die Beobachtungen wurden täglich dreimal, im Winterhalbjahre um 8h, 9h und 15h, im Sommerhalbjahre in den Stunden 7, 9, 15 angestellt. Dabei wurde mit bloßem Auge die Sichtbarkeit des Ätna nach einer Skala von 0 (unsichtbar) bis 5 (außergewöhnliche Deutlichkeit und Transparenz) abgeschätzt. Das Beobachtungsmaterial wurde von A. Riccò und L. Mendola in vier Tabellen zusammengestellt,[1]) und zwar die Häufigkeit der Sichtbarkeit des Ätna in jeder Beobachtungsstunde eines jeden Monates, die mittlere Transparenz, die Häufigkeit und der Prozentsatz der größten Durchsichtigkeit.

Schon aus den Monatsmitteln ergibt sich, daß die Durchsichtigkeit am Morgen mit der Annäherung der Sonne an den Meridian abnimmt und in gleicher Weise kleiner ist in den Nachmittagsstunden. Es ist dies eine Folge der Zunahme des Wasserdampfes, des Staubes und der Unruhe der Luft, die von den aufsteigenden Strömen erzeugt werden. Ferner zeigt sich, daß, während die Häufigkeit der Sichtbarkeit des Ätna größer ist im warmen als im kalten Halbjahre wegen der geringern Dunstigkeit, die mittlere und die größte Transparenz im Winter größer sind als im Sommer. Endlich zeigt eine Vergleichung der drei Beobachtungsjahre, daß die Durchsichtigkeit nur wenig zugenommen von 1901 zu 1902, stark von 1902 bis 1903 und am stärksten von der ersten zur zweiten Hälfte 1903.

Letzteres stimmt ziemlich gut mit den Aufzeichnungen Mascaris über die Güte der Sonnenbilder auf dem Ätnaobservatorium. Gute Beobachtungen waren 1902 seltener möglich als 1901 und 1903 und zeigen eine Zunahme von 1902 zu 1903. Weiter findet Übereinstimmung statt mit den Beobachtungen von Dufour in Lausanne, Langley und Abbot in Washington, Max Wolf in Heidelberg und v. Gorczynski in Warschau, aus denen sich eine Abnahme der Durchsichtigkeit der Luft im Jahre 1902 ergeben, die 1903 wieder verschwunden war. Wahrscheinlich fand die Abnahme und Zunahme der Durchsichtigkeit der Luft in den verschiedenen Ländern zu ver-

[1]) Memorie della società degli Spettroscopisti italiani **33**. p. 159.

schiedenen Zeiten statt. In Catania hat die Abnahme der Transparenz für die Atmosphäre unterhalb 3000 *m* sich auch 1901 bemerkbar gemacht, während die Zunahme seit Mitte 1903 begann. Die Beobachtungen im ersten Semester 1904 zeigten, daß die Zunahme der Transparenz unverändert bis Juli 1904 angehalten hat.

Die Häufigkeit des Sonnenscheines auf dem Sonnblickgipfel ist von A. v. Obermayr untersucht worden[1]) nach den Aufzeichnungen während der Jahre 1887 bis 1900. Aus den gefundenen Zahlen sind die Isoplethen der mittlern Sonnenscheindauer in Monatssummen graphisch dargestellt worden. (Tafel IV.)

Mit einem Blicke übersieht man, daß die größte Häufigkeit des Sonnenscheines im Januar und Februar einen größten Wert, 14.5 kurz nach Mittag erreicht, sich dann allmählich verringernd in den folgenden Monaten auf die Vormittagsstunden übergeht, im März den geringsten Wert, 11.2 um 9h abends erlangt; sich im Juli und August in den Stunden 1 bis 8h abends erhält; im September einen größten Wert, 16.0 um 9h 30m abends erreicht, aber bereits gegen Mittag rückt, abnimmt, zwischen Oktober und November auf 14.5 absinkt, im November und Dezember gegen Mittag rückend auf 15.7 im Dezember zunimmt, dann gegen Januar noch weiter auf 1h. zurückweicht, um dann in der beschriebenen Weise wieder anzusteigen.

Die punktierten Linien, welche die Nullinien stellenweise schneiden, entsprechen den Zeiten des Sonnenaufganges beziehungsweise des Sonnenunterganges. Außerhalb derselben ist das Diagramm schwarz schraffiert."

Zum Vergleiche gibt Verf. die Angabe des Sonnenscheines auch für eine Anzahl anderer Gipfelstationen und einiger Niederungsstationen.

„Auf dem Obir liegt das Maximum der Häufigkeit 16.7 im Februar zwischen 11 a. und Mittag, rückt, seiner Größe nach abnehmend, bis zum April auf 8 bis 9 a., erreicht hier den kleinsten Wert 12.9, hält sich auf diesen Stunden, im weitern Verlaufe der Monate ansteigend, erreicht den größten Wert mit 18.7 im Juli, weicht dann im September an Größe abnehmend auf 9 bis 10 a., im Oktober auf 10 bis 11 a. auf einen sekundären kleinsten Wert, 13.3 zurück, steigt im November auf 15.2 um 12 bis 1 p. an, beginnt dann nach einer kleinen Senkung im Dezember gegen Januar anzusteigen. Die Nachmittagsstunden der Monate April, Mai und Juni zeigen Minima der Häufigkeit, die sich zwischen 9.6 bis 9.7 halten, zwischen 3 bis 4 p. liegt in den Sommermonaten ein sekundäres Maximum im täglichen Gange des Sonnenscheines, welches im Juni auf die Stunden 2 bis 4 vorrückt und 11.0 erreicht, gegen August aber auf 4 bis 5 p. zurückweicht und sich zu 15.0 erhebt, dann aber verschwindet. Auf dem Sonnblicke ist dieses sekundäre Nachmittagsmaximum nicht vorhanden.

Auf der Bjelašnica zeigen der tägliche und jährliche Gang der Häufigkeit des Sonnenscheines ein ganz ähnliches Verhalten wie auf dem Sonnblicke und auf dem Obir. Im Laufe des Jahres tritt dieselbe Verschiebung der Stunden der größten Häufigkeit des Sonnenscheines von den Nachmittags- auf die Vormittagsstunden ein. Im Mai, Juni und Juli rückt derselbe auf die Stunden 6 bis 8 a. und weicht im August auf 8 bis 9 a. zurück. Der größte Wert der Häufigkeit beträgt dann 17.0. Sehr wenig ausgesprochene sekundäre Maxima zeigen

[1]) 13. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines, Wien 1905.

Fig. 1. Abbildung der Paar, Ecknach und Glonn in der Wolkendecke.

Fig. 2. Abbildung der Kleinen Paar und des Schönefelder Mooses in der Wolkendecke.

Klein, Jahrbuch XVI. Tafel V.

Abbildung von Flußläufen in Wolkendecken von K. von Bassus.

sich im März und Juli von 4 bis 5 p. Im Mai, zwischen 7 bis 8 a., sinkt das Maximum der Häufigkeit des Sonnenscheines auf 8.4 herab.

Auf dem Säntis ist das Vorrücken der Häufigkeit des Sonnenscheines auf die Morgenstunden weniger ausgesprochen. Auch zeigt sich hier im April ein Maximum 16.8 zwischen 9 bis 10 a. und im Juni, zwischen 10 bis 11 a. ein Minimum 12.9 im größten Werte der Häufigkeit des Sonnenscheines während des Jahres. August, September, November und Dezember sind durch breite Maxima mit über 15.0 ausgezeichnet. Die Einschnürung, welche die Isoplethen des Sonnenscheines für Sonnblick und Obir zeigen, fällt hier auf die Monate Mai, Juni und zum Teile Juli.

Ganz abweichend von den angeführten Hochstationen verhält sich die Häufigkeit des Sonnenscheines auf dem Ben Nevis in Schottland.[1]) Die größte Häufigkeit des Sonnenscheines fällt dort während des ganzen Jahres nahe der Mittagsstunde, wie dies später für die Stationen der Niederungen gezeigt werden wird. Der Juni ist dort der Monat mit dem meisten Sonnenscheine. Das Maximum hält sich von 6 a. bis Mittag in der Höhe von 9.0 und nachmittags zwischen 2 bis 4 mit 9.2. Im August ist mittags ein Minimum 4.7, im September zwischen 10 a. bis Mittag ein sekundäres Maximum mit 7.3 zu verzeichnen. Die ungewöhnlich starke Nebelbildung verhindert hier zumeist eine längere Dauer des Sonnenscheines.

Auf dem Ben Nevis ist der Frühling infolge der um diese Zeit vorherrschenden Winde die sonnigste Jahreszeit. Den meisten Sonnenschein hat der Juni, und nach den Wintermonaten ist der August der sonnenloseste Monat. Der August 1889 und der Januar 1890 erreichten bloß 2% der möglichen Sonnenscheindauer, während dem Juni 1889 während einer Antizyklone 47% der möglichen Sonnenscheindauer zukam."

Die Abbildung von Gewässern in Wolkendecken als Wolkentäler und Wolkenrücken ist von K. v. Bassus bei einer Ballonfahrt photographisch festgelegt worden. In einer Abhandlung[2]) gibt er eine Zusammenstellung früherer direkter und indirekter Beobachtungen dieser Art und kommt zu folgenden Ergebnissen:

In einer „geeigneten Wolkendecke" bilden sich nach meinen Erfahrungen bei Windstille so ziemlich alle überhaupt vorhandenen Gewässer ab, vom kleinsten Bächlein bis zum Strome, vom Tümpel bis zum ausgedehnten Moose, und zwar scheint das Vorhandensein von Abbildungen in diesem Falle die Regel zu bilden. Nur über die Abbildung von größern Seen vermag ich nichts anzugeben, da keine meiner Fahrten, bei denen eine „geeignete Wolkendecke" vorhanden war, nahe genug an einem solchen vorbeiführte.

Weht zwischen der Erde und Wolkendecke stärkerer Wind, so bilden sich von den fließenden Gewässern nur die größern ab. Die gleiche hemmende Einwirkung wie dem Winde kommt der Stratusbildung zu.

Kleine Bäche sehen wie Furchen in der Wolkendecke aus, die dem Luftschiffer dadurch auffallen, daß sie die ebenfalls als Furchen erscheinenden Luftwogen, jeder, auch der kleinsten Bachkrümmung getreu folgend, kreuzen. Da, wo der Lauf des Bächleins

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1893. p. 352. Ben Nevis 56° 48′ nördl. Br., 5° 8′ westl. L. v. Gr., 1434 *m* Höhe.

[2]) Ill. Aeronautische Mitteilungen 1905. p. 9.

ungefähr parallel zu den Luftwogen geht und beim Zusammenflusse von zwei Bächen, ist die Furche tiefer, da, wo er die Luftwogen kreuzt, seichter, oft kaum erkennbar. Die Abbildungen größerer Bäche und Flüsse erwecken den Eindruck eines Wolkentales, in welchem die Bewölkung aus feinem Dunste besteht, der oft so dünn ist, daß die Erde durchschimmert. Besonders auffallend werden diese Täler bei schrägem Sonnenstande, wo der eine Talhang im Schatten liegt. Auch diese Täler geben jede Flußkrümmung deutlich wieder beim Zusammenflusse größerer Gewässer bilden sich oft vollständige Wolkenlücken. Wassertümpel erscheinen als trichterförmige Löcher, Moose als dunkle, mit feinem Dunste ausgefüllte Flächen, die genau den Konturen des erzeugenden Objektes entsprechend begrenzt sind.

Je dichter die Wolkendecke ist, und je mehr sie sich zu einer Stratusdecke ausgebildet hat, desto schwächer sind die Abbildungen: Kleine Gewässer sind dann überhaupt nicht zu erkennen, und auch die großen Flüsse zeichnen sich nur als seichte Furchen ab. Diese Erscheinung konnte ich bei der Fahrt I. 10 deutlich beobachten. Da die Mitnahme eines umfangreichen Instrumentariums für andere wissenschaftliche Untersuchungen nötig war, ließ ich den Photographenapparat zu Hause, was ich nachträglich sehr bedauert habe; denn es wurde bei dieser Fahrt noch eine andere höchst interessante Gewässerabbildung beobachtet: Unsere Fahrt, die über 4000 *m* Höhe geführt hatte, näherte sich ihrem Ende, und es fiel der Ballon bereits gegen die von 400 bis 900 *m* rel. reichende, dichte und von der Mittagssonne grell beleuchtete Stratus-Kumulusdecke mit ziemlicher Geschwindigkeit, als ich in derselben die Abbildung eines Flußlaufes als seichte Furche erkannte. Auf dieser Wolkenfurche lag ein Kumulusballen, ähnlich einem großen Pilze. Wenige Minuten darauf erfolgte bei Windstille die Landung am Nordrande von Pullach dicht an der Isar, wo sich ein Elektrizitätswerk mit einem etwa 10 *m* breiten Überfallwehr befindet, über welches das Wasser als rauschender Wasserfall herabfloß, und es besteht daher kein Zweifel, daß die Wolkenfurche von der Isar und der pilzartige Kumulusballen von dem Wasserfalle herrührte.

Endlich ist festzustellen, daß bei raschem Zuge einer nicht zu dichten Wolkendecke gegen die Erde ebenfalls nur große Flüsse und diese gewöhnlich nur als Wolkenlücken abgebildet werden, Gestalt und Richtung des Flußlaufes nur annähernd wiedergebend und in der Windrichtung verschoben."

Verf. macht darauf aufmerksam, daß, wenn auch die untere Fläche einer „geeigneten Wolkendecke" scharf abgegrenzt ist, Abbildungen wie die der Paar auch von der Erdoberfläche aus beobachtet werden können.

Dir. Erk bezeichnete als Ursache der Abbildungen von Gewässern in der Wolkendecke eine durch das Fließen des Wassers der darüber befindlichen Luft mitgeteilte Horizontalbewegung: „Das fließende

Wasser veranlaßt in der darüber befindlichen Luft eine Strömung, welche sich im gleichen Sinne bewegt wie das Gewässer.“ Wenn auch, bemerkt dazu v. Bassus, über größern Flüssen eine derartige Horizontalbewegung als möglich bezeichnet werden muß, so dürfte dieselbe über einem kaum ½ *m* breiten Bächlein, wie z. B. den Seitenbächen der Ecknach und Kl. Paar, recht unwahrscheinlich, über Tümpeln und Moosen aber sicher nicht vorhanden sein.

Der Einfluß von Gewässern auf Wolkendecken ist, wie Verf. betont, mit den geschilderten Erscheinungen nicht erledigt. Vielmehr liegen auch Beobachtungen vor, die jenen Erscheinungen direkt widersprechen. So haben andere Luftschiffer und ich oft bei sonst wolkenfreiem Himmel über Flußläufen zusammenhängende Kumulusketten, über Sümpfen und Moosen Wolkeninseln gesehen. Auch die Ursachen dieser Erscheinungen sind noch nicht gefunden, indem direkte Messungen für dieselben nicht ausreichend gegeben sind.

Die Dämmerungserscheinungen der Jahre 1903 und 1904. Prof. W. Laska hat schon im Herbste 1903 aus seinen Beobachtungen geschlossen, daß diese Erscheinungen so erfolgen, als wenn in den Höhen der Atmosphäre eine formgeschlossene Staubwolke um die Erde bewegt würde, da auf diese Weise die deutliche Periodizität der Erscheinung und der scharf begrenzte Rand derselben sich erklären ließe. Er schreibt nunmehr:[1]) „Daß dieser Eindruck nicht individuell war, beweist die nachstehende Note (von Prof. Wolf), welche ich in dem ersten und zweiten Hefte der Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellschaft finde. Prof. Max Wolf schreibt: „Der durch den Ausbruch der westindischen Vulkane verursachte Bishopsche Ring um Sonne und Mond konnte das ganze Jahr (1903) über gut gesehen werden. Der Radius der hellen Scheibe (innerer Rand des braunen Ringes) betrug am Anfange des Jahres (um die Sonne) 12.5°, Ende August 10°. Der Durchmesser der hellen Scheibe um den Mond wurde im Februar durch Anschluß an Sterne zu 18.6° bestimmt. Die vulkanischen Dämmerungserscheinungen traten wie im Vorjahre wieder periodisch auf, so daß wohl kein Zweifel mehr besteht, daß der Staub sich in einzelnen großen Wolken um die Erde bewegt.

Nachdem das ganze Frühjahr hindurch kaum auffallende Dämmerungserscheinungen aufgetreten waren, entwickelten sie sich ganz plötzlich um den 3. August 1903 zu großer Pracht. Nach einer kürzern Pause traten sie Ende August und Anfang September wieder in noch nie gesehener Schönheit und Intensität auf, prächtiger als 1884. Besonders am 30. und 31. August und am 1. September, und zwar ebensowohl abends als morgens, war das Phänomen unbeschreiblich großartig, und es konnten mehrere vollständige Beobachtungsreihen erhalten werden. Danach nahm die Intensität

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1904. p. 514.

der Erscheinungen rasch ab, und sie verschwanden gegen den 8. September. Am 23. September begann abermals eine aber viel schwächere Periode für wenige Tage. Die nächsten Perioden gruppierten sich um den 6. und 7. Oktober, dann um den 19. und 20. Oktober und zuletzt um den 9. November. Seitdem wurde keine vulkanische Dämmerung mehr beobachtet.“

Für die Erscheinungsperiode des Jahres 1903 hat man also eine ziemlich konstante periodische Wiederkehr von ca. acht Tagen. Wird der 22. August als Ausgangspunkt resp. erstes beobachtetes Maximum angenommen, so gibt eine achttägige Periode nachstehende Epochen: 6., 14., 22., 30. August, 7., 15., 23. September, 1., 9., 17., 25. Oktober, 2. und 10. November 1903. Etwa um diese Zeit fanden also die Konjunktionen der Staubwolke mit der Sonne statt. Würde man die Höhe der Staubwolke kennen, so ließe sich leicht ihre wahre Bewegungsgeschwindigkeit berechnen. Daß sich dieselbe, wie die Beobachtungen lehren, durch so lange Zeit von nahezu drei Monaten konstant erhalten konnte, ist gewiß eine höchst merkwürdige Tatsache, nicht minder wie die notwendig sich ergebende ungeheuere Geschwindigkeit selbst.

Das Auftreten zu bestimmter Zeit, während die Erscheinung sonst nicht beobachtet wird, deutet ebenfalls darauf hin, daß es sich um eine wandernde Staubwolke handelt. Die Erscheinung wird eben erst sichtbar, wenn die Sonne eine bestimmte Deklination erreicht. Solche konservative Gebilde können aber nur in den höchsten Regionen der Atmosphäre bestehen, wie die so berühmt gewordene Erscheinung der „leuchtenden Wolken“ lehrt. Es wäre nun interessant zu erfahren, ob sich dieselben auch jetzt einstellen werden wie in den achtziger Jahren.

Die wenigen mir zu Gebote stehenden Beobachtungen lassen die obigen Schlüsse noch nicht ganz sicher gelten, besonders was die Periodizität der Erscheinung anbelangt.

Wie dem auch sein mag, sind die Beobachtungen dieses Phänomens wichtig genug, und es muß dringend jedermann gebeten werden, etwa noch vorhandene zu publizieren. Dieselben sollen, wenn ich nicht irre, von einem amerikanischen Observatorium gesammelt und bearbeitet werden. Manche und oft wertvolle Beschreibungen dürften sich in den Tagesblättern finden. Für das laufende Jahr und wohl auch das nächste möge die Beobachtung der Dämmerungserscheinungen allen warm empfohlen werden.“

Die Dämmerungserscheinungen auf See sind vom Sommer 1903 bis Frühjahr 1904 an Bord des Schulschiffes „Herzogin Sophie Charlotte“ von Dr. Joh. Möller beobachtet worden.[1]) Während der ganzen Dauer der Reise spielte sich die Erscheinung immer in der gleichen Weise

[1]) Ann. der Hydrographie 1905. p. 55.

ab. Etwa 1 bis 2 Minuten nach dem Verschwinden des Oberrandes der Sonne, der sehr oft, aber nicht immer, im letzten Momente den viel erwähnten grünen Strahl zeigte, lag auf dem Horizonte ein heller Streif, der sich rings um den Himmel herumzog, im Westen leuchtend gelbrot und im Norden und Süden mattgrau oder leicht gelblich war und im Osten in einen etwa 2° breiten purpurnen Streifen überging. Dieser Purpurstreif im Osten war durch eine ungefähr 1½° breite blaugrüne Zone vom Horizonte geschieden. Über diesem rings um den Horizont herumlaufenden, im Westen am hellsten leuchtenden Streifen erhob sich dort, wo die Sonne untergegangen war, ein goldiger Glanz, der allmählich in einen sehr hellen, weißblauen, bis zur Höhe von etwa 20° aufragenden Kreis überging. An diesen Kreis schlossen sich nach beiden Seiten hin gelbgrüne, lange, sehr spitzwinklige Dreiecke an, die mit der Spitze und einer der Langseiten auf dem Horizonte ruhten. Nach einigen Minuten erschien die erste Andeutung einer zwischen ungefähr 10 und 40° Höhe liegenden Purpurkuppel im Westen, die von der jetzt mehr ins Gelbbraune spielenden Farbe des Horizontes durch eine blasse, blaugrüne Farbe getrennt war, während sich auf beiden Seiten der Kuppel ein helles, himmelblaues Feld bis ungefähr zum Nord- und Südpunkte des Horizontes ausdehnte. Der Purpur im Osten war inzwischen matter geworden und höher gestiegen, und der Himmel unter ihm hatte eine stumpfe, blaugraue Farbe angenommen, die etwas heller war als die ebenfalls stumpfe, dunkelblaue, fast blauschwarze des übrigen Himmels. Während nun die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte von 3 bis 5° anwuchs, verschwand der Purpur im Osten und machte einer matten, bis etwa 22° Höhe aufragenden Gegendämmerung Platz, die als schmaler Streif den ganzen Horizont entlang lief. Gleichzeitig wurden die Purpurkuppel im Westen, deren intensiverer Kern von etwa 15° Breite sich leuchtend aus der im Maximum etwa 70° breiten mattern Purpurfarbe heraushob, und die blaugrünen Töne zwischen Purpurkuppel und Horizont und im Norden und Süden leuchtender und frischer. Je tiefer sich nun die Purpurkuppel zum Horizonte hinabsenkte, um so flacher wurde ihre Wölbung, bis sie nur noch wie eine plankonvexe Linse auf dem Horizonte ruhte, und um so leuchtender wurde das fahle Gelbbraun des Westhorizontes, während im Osten unter einem hellern Graublau graue Töne mit einem Stiche ins Braune auftraten. Als der erste Purpurschein völlig verschwand, lag an seiner Stelle ein blaßblaues, nach rechts und links hin in himmelblaue Töne übergehendes Feld und darunter ein gelbrotes, etwa 4 bis 5° hohes Segment über dem westlichen Horizonte. Die Sonne stand dann im Mittel 6½° unter dem Horizonte. — Ein zweites Purpurlicht, das nicht so hell war wie das erste, erschien meist bei einer Tiefe der Sonne von 7 bis 8° unter dem Horizonte. Zwischen ihm und den gelbroten Horizontfarben zeigten sich blasse, mattblaue Farben. Ein himmelblaues Feld, das sich fast immer seit-

wärts an die Purpurkuppel und die darunter liegenden blaßblauen Farben anschloß, war merkwürdigerweise immer nur nach einer Seite hin ausgedehnt, während sich nach der andern Seite hin eine bräunliche Trübung erstreckte. Leider hatte der Beobachter nur drei schriftliche Aufzeichnungen über die Lage dieser bräunlichen Trübung gemacht. Sie lag zwischen dem West- und Südpunkte des Horizontes am 25. Juli auf 42° nördl. Br., zwischen dem West- und Nordpunkte am 8. März auf 11°südl. Br. und zwischen dem Ost- und Südpunkte des Horizontes morgens am 10. März auf 7° südl. Br.

Die gewöhnliche Dämmerung verläuft fast immer ähnlich wie die hier beschriebenen Phänomene. Zu den bei klarer Luft regelmäßig zu beobachtenden Erscheinungen gehört vor allem die helle weißblaue oder weiße Kreisfläche im Westen kurz nach Sonnenuntergang mit den anschließenden Dreiecken und die beiden sogenannten Purpurkuppeln. Auch diese, deren Farbe eher einem zarten Rosa gleicht, als dem was man in breitern Volksschichten unter Purpur versteht, pflegen sich dem aufmerksamen Beobachter zunächst als kreisrunde Scheiben darzustellen, die sich von einem Grunde von noch zarterm Rosa abheben und erst bei größerer Annäherung an den Horizont ihre Kreisform verlieren und mit dem umgebenden Grunde verschwimmen. Von den gewöhnlichen Dämmerungserscheinungen unterscheiden sich die hier beschriebenen Phänomene hauptsächlich nur durch ihre größere Intensität und vielleicht durch das Auftreten der bräunlichen Trübung an der einen Seite der zweiten Purpurkuppel."

Die Halophänomene in Rußland sind von Dr. E. Leyst studiert worden.[1]) Er findet, daß die geographische Verteilung der einzelnen Halophänomene im wesentlichen von der Verteilung von Land und Wasser abhängt. Um dieses leichter übersehen zu können, teilt Verf. die Gruppen in rein kontinentale und in küstennahe, indem er die Gruppen in Sibirien und die zentrale im europäischen Rußland zu den kontinentalen rechnet, die übrigen aber zu den küstennahen, die er zur Abkürzung maritime nennt, ohne deshalb z. B. das transkaspische Gebiet für maritim zu halten. Dann findet man im Mittel:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Sonnenringe.					
Kontinental	3.20	3.98	1.75	1.39	10.33
Maritim	0.49	1.02	0.37	0.34	2.23
Sonnensäulen.					
Kontinental	2.80	0.78	0.10	0.65	4.33
Maritim	0.77	0.16	0.01	0.09	1.05
Mondringe.					
Kontinental	6.26	3.09	0.19	2.32	11.84
Maritim	1.92	1.17	0.13	0.94	4.15

[1]) Die Halophänomene in Rußland. Moskau 1903.

„Alle drei Phänomene haben in allen Jahreszeiten an den rein kontinentalen Stationen viel größere Häufigkeitszahlen als die Gebiete in der Nähe des Eismeeres, Baltischen, Schwarzen und Kaspischen Meeres. Besonders groß ist der Unterschied für Sonnenringe, welche an den kontinentalen Stationen vier- bis fünfmal so oft gesehen werden als an den Stationen in der nähern oder weitern Umgebung der großen Meere. Es ist durchaus falsch, wenn man behauptet, die Halophänomene seien eine Erscheinung der höhern Breiten. Die merkwürdigsten Phänomene, die in allen bessern Lehrbüchern erwähnt werden, sind nicht in hohen Breiten, sondern in St. Petersburg, Danzig und Rom beobachtet worden. Bereits Humboldt wußte von Halophänomenen zu berichten, die er in den Tropen beobachtet hatte, und neuerdings hat Dr. Messerschmitt aus Schiffsbeobachtungen auf dem Atlantischen Ozeane für die Breiten 50 bis 20° für 17 Jahre nicht weniger als 108 Sonnenringe und 465 Mondringe ausziehen können. Für die Breiten von 20° nördl. bis 10° südl. Br., also zu beiden Seiten des Äquators, fanden sich 10 Sonnenringe und 106 Mondringe. Obgleich uns das Verhältnis der Fahrten in beiden Gruppen unbekannt ist, so ist doch die Zahl der Beobachtungen an und für sich groß genug, um sagen zu können, daß die Halophänomene selbst in den Tropen nicht fehlen.“

Die sogenannten Sonnensäulen „haben ihre Heimat in Sibirien, die Sonnenringe in der zentralen Gruppe (von der Nikolaieisenbahn bis zum Ural, unter Ausschluß des St. Petersburger Gouvernements). Die Säulen haben im jährlichen Gange ihr Maximum im Januar, die Sonnenringe im April. Die Säulen haben ihr Minimum im August und September, die Ringe im Oktober. In den drei Wintermonaten beobachtet man 73% aller Säulen und nur 26% aller Ringe um die Sonne; in den drei Sommermonaten dagegen findet man nur 2% Säulen, aber 15% Ringe. Im täglichen Gange haben die Sonnenringe ihr Maximum um die Mittagszeit, die Säulen dagegen am Morgen und späten Nachmittage.

Mondringe sind am häufigsten im Winter, und auf 49 Mondringe im Winter kommen zwei im Sommer.

Mit der geographischen Lage ändert sich sowohl der tägliche, als auch der jährliche Gang aller Halophänomene. Diese Phänomene sind in Rußland vorherrschend kontinentale Erscheinungen, und im Binnenlande sind die Mondringe dreimal und Ringe und Säulen bei der Sonne vier- bis fünfmal häufiger als in küstennahen Gebieten. Dasselbe fand sich auch für den Regenbogen. Jedenfalls ist es ganz unrichtig, wenn man in Lehrbüchern liest, die Halophänomene kämen hauptsächlich in kalten Gegenden in kalten Monaten vor.

Ein Parallelismus des jährlichen Ganges der Nordlichter und der Halophänomene, der vielfach behauptet wird, ist nicht vorhanden. Noch weniger kann die Rede sein von einem Parallelismus der Halophänomene und der Sonnenflecken. Wenn ein Zusammen-

hang beider Erscheinungen existieren sollte, so ist es ein Zusammenfallen der Maxima mit Minimis und umgekehrt. Man hat den Parallelismus beider Erscheinungen aus Beobachtungen hergeleitet, die einen solchen Schluß auf keinerlei Weise rechtfertigen."

Die Entstehungsweise des sogenannten weißen Regenbogens hat J. M. Pernter nachgewiesen.[1]) Er hat früher gezeigt, daß die Bezeichnung „weißer Regenbogen" für den von Bouguer in den Anden und von Scoresby im nördlichen Eismeere gesehenen weißen Bogen von etwa 36 bis 40° Halbmesser, dessen Mittelpunkt der Gegenpunkt der Sonne war, nicht korrekt ist, weil diese Bogen unmöglich von Wassertröpfchen erzeugt werden konnten. Diesen „weißen Regenbogen", der auch von Kämtz später (1833) auf dem Rigi gesehen wurde, hat weder Bouguer, noch Scoresby als Regenbogen bezeichnet, da beide ausdrücklich bemerken, daß er sich auf Wolken, beziehungsweise Nebeln bildete, die aus Eiselementen bestanden. Es dürfte wohl Brandes gewesen sein, der zuerst die Erscheinung den Regenbogenerscheinungen zuzählte, indem er sie „zu den wohl ohne Zweifel mit dem Regenbogen verwandten Phänomenen" rechnete. Er wies auf die Möglichkeit hin, daß Eiskügelchen statt Wassertropfen sie erzeugen könnten, gibt dann aber diese Auffassung wieder auf und fügt bei: „so scheint mir dieser Ring noch einer andern Aufklärung zu bedürfen". Schon Kämtz erklärt mit Bezug auf eine Beobachtung von Scoresby ganz bestimmt: „Der große Bogen von etwa 40° Halbmesser ist ein eigentlicher Regenbogen." Die Abweichungen der gemessenen Halbmesser von den theoretischen des Hauptregenbogens (man fand die Radien gegenüber dem gewöhnlichen Regenbogen viel zu klein) erklärt er aus der Schwierigkeit einer genauen Messung an diesen Bögen; er sagt: „Ich glaube jedoch, daß die wichtigste Ursache dieser Abweichung in der Schwierigkeit liegt, die Dimensionen dieses Ringes scharf zu nehmen; in der Regel ist es eine sehr schlecht begrenzte Lichtmasse, bei deren Messung man sich mehr oder weniger irren kann." Seitdem Kämtz diesen weißen Bogen so entschieden als Regenbogen erklärt hat, wurde er fast ausnahmslos als solcher angesehen und bezeichnet.

Pernter zeigt nun, daß die Bouguerschen Halos, welche man bisher vielfach fälschlich „weiße Regenbogen" nannte, sich erklären als Ergebnis der zweimaligen innern Reflexion in Eiskristallen der Cirruswolken oder der Eisnebel, welche Kombinationen des sechsseitigen Prismas mit der sechsseitigen Pyramide sind. Es entstehen je nach dem Strahlengange Halos, welche den Gegenpunkt der Sonne als Mittelpunkt haben und Halbmesser besitzen von 39 bis 34°.

[1]) Sitzber. der k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. 114. Abt. IIa. Juli 1905.

Sollten aber in der Zukunft Beobachtungen gemacht werden, welche auf Radien bis zu 26° hinab und bis zu 54° hinauf stoßen würden, so wäre in den von Pernter gefundenen Resultaten die Erklärung dafür schon vorhanden. Es ist ohne weiteres möglich, daß mehrere dieser Bogen auf einmal erscheinen können. So wird vor allem der von 38° 56′ von genau denselben Eiskristallen erzeugt wie der von 35°. Es liegt aber auch kein Grund vor, warum nicht Kristalle mit beiderseitigem Pyramidenansatze gleichzeitig mit solchen von einseitigem Pyramidenansatze vorhanden sein sollen.

Klimatologie.

Die Schwankungen der Zirkulation der Atmosphäre und des Meeres im nordatlantischen Ozeane und ihre Folgen stellte auf Grund seiner Untersuchungen Dr. W. Meinardus dar.[1]) „Zu einer Untersuchung der unperiodischen Schwankungen der nordatlantischen Luftzirkulation lassen sich zwei verschiedene Wege einschlagen. Entweder verfolgt man den Gang der atmosphärischen Erscheinungen auf dem Nordatlantik an der Hand der Monatsisobarenkarten, die in Verbindung mit den bekannten täglichen synoptischen Karten für diesen Ozean von der Deutschen Seewarte und dem Dänischen Meteorologischen Institute nunmehr für sechzehn Jahrgänge herausgegeben sind; oder man bildet Luftdruckdifferenzen zwischen passend gewählten Punkten und läßt deren Schwankungen als Maß für die größere oder geringere Intensität der atlantischen Luftzirkulation gelten. Dieses zweite Verfahren hat den Vorzug, daß man die Erscheinungen für einen viel längern Zeitraum untersuchen kann, vorausgesetzt, daß man solche Orte wählt, an denen die Luftdruckbeobachtungen weit zurückreichen.“ Dr. Meinardus hat diesen letztern Weg betreten.

Bei der Wahl der Stationspaare, deren Luftdruckdifferenzen gebildet wurden, war für ihn die Überlegung entscheidend, daß die Verbindungslinie jedes Stationspaares möglichst senkrecht zum Verlaufe der mittlern Jahresisobaren über dem Nordatlantik gerichtet sein müßte, um die unperiodischen Schwankungen der Luftdruckverteilung in denen der Luftdruckdifferenzen am deutlichsten zum Ausdrucke kommen zu lassen. Zugleich waren solche Orte zu bevorzugen, von denen eine lange Beobachtungsreihe zur Verfügung stand.

Diese Bedingungen treffen für folgende drei Stationspaare zu:

1. Toronto (Ostkanada) und Ivigtut (Südwestgrönland),
2. Ponta Delgada (Azoren) und Stykkisholm (Island),
3. Kopenhagen und Stykkisholm.

„Die Verbindungslinien dieser Stationspaare stehen, wie man sich durch einen Blick auf eine Jahresisobarenkarte überzeugen kann, nahezu senkrecht zur Richtung der normalen Isobaren. Sie verbinden das isländische Depressionsgebiet mit den umgebenden Gebieten hohen Luftdruckes. Der gemeinschaftliche Beobachtungszeitraum beginnt für das erste Paar mit 1875,

[1]) Ann. der Hydrographie 1904. p. 357.

für das zweite mit 1866 und für das dritte schon mit 1846. Es wurden nun für jeden Monat die Luftdruckdifferenzen zwischen den zusammengehörigen Orten gebildet und daraus Jahresmittel in der Weise abgeleitet, daß entgegen dem gewöhnlichen Brauche nicht die zwölf Monate des bürgerlichen Jahres (Januar bis Dezember), sondern die zwölf Monate der mit September beginnenden und mit August schließenden Jahrgänge zusammengefaßt wurden. Es hatte sich nämlich durch andere Untersuchungen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, herausgestellt, daß im nordatlantischen Zirkulationssysteme länger dauernde positive oder negative Abweichungen der meteorologischen und ozeanographischen Elemente vom Mittelwerte sehr häufig im Herbste einzusetzen pflegen. Die atmosphärische Zirkulation tritt über dem Nordatlantik wie auch über den benachbarten Festländern in den Herbstmonaten gleichsam in ein neues Lebensjahr ein. Von diesem Gesichtspunkte aus war die Bildung der Jahresmittel aus den Monaten September bis August gerechtfertigt."

Die genauen Untersuchungen des Luftdruckes zwischen den bezeichneten Stationspaaren ließen nun erkennen, daß die Schwankungen der betreffenden Luftdruckdifferenzen im nordwestlichen, zentralen und nordöstlichen Teile des Nordatlantik in der Regel gleichsinnig verlaufen, daß demnach das gesamte nordatlantische Gebiet gleichzeitig von einer Verstärkung oder Abschwächung der normalen, gegen das isländische Aktionszentrum gerichteten Luftdruckdifferenzen und damit auch der atmosphärischen Zirkulation ergriffen zu werden pflegt. Das ganze nordatlantische Gebiet und die benachbarten Küstengebiete bilden in barometrischer Hinsicht eine Einheit, wie das bereits aus den Untersuchungen von Hildebrandsson hervorging, der nachwies, daß das isländische Depressionsgebiet mit dem Hochdruckgebiete der Azoren und seinen Ausläufern im Kompensationsverhältnisse steht.

Diese Tatsache muß nun auch von wesentlicher Bedeutung für die nordatlantische Wasserzirkulation werden; die Schwankungen der atmosphärischen müssen entsprechende Schwankungen der ozeanischen Zirkulation veranlassen. Man darf daher voraussetzen, daß die großen Strömungen des Nordatlantik (nördlich von 40° nördl. Br.), der Golf-, Labrador- und Ostgrönlandstrom mit ihren Verzweigungen und Ausläufern, in ihrem Verhalten gewisse charakteristische Änderungen zeigen, die mit denen der Luftzirkulation korrespondieren. Eine Verstärkung der letztern oder, wenn wir statt der Wirkung die Ursache setzen, eine Vergrößerung der Luftdruckdifferenzen sollte eine Beschleunigung, eine Abschwächung dagegen eine Verzögerung der Strömungen hervorrufen. Änderungen der Geschwindigkeit warmer oder kalter Meeresströmungen machen sich aber in Temperaturschwankungen geltend. Beschleunigte warme Strömungen sind wärmer, verzögerte kälter als normal, und das Umgekehrte gilt für kalte Strömungen, wie Dr. Meinardus das bereits in einer frühern Untersuchung näher ausgeführt und durch Tatsachen belegt hat. Eine weitere Stütze erhalten diese Schlußfolgerungen jetzt durch seine folgenden Ausführungen, denen ein umfangreicheres Beobachtungsmaterial zugrunde liegt.

Es galt zunächst festzustellen, in welcher Weise die unperiodischen Schwankungen der Luftdruckdifferenzen, von denen vorher die Rede war, in den Temperaturschwankungen des Golfstromes zum Ausdrucke kommen.

Im Bereiche des Golfstromes und seiner Verzweigungen liegen an den westeuropäischen Küsten langjährige Beobachtungen der Wassertemperatur von britischen, dänischen, deutschen und norwegischen Stationen vor. Ähnliche Messungen sind zeitweise auch an der Westseite des Atlantik, an der Küste der Vereinigten Staaten, ausgeführt, aber in keiner für den vorliegenden Zweck brauchbaren Form veröffentlicht worden. Sie würden übrigens auch keinen unmittelbaren Einblick in die Schwankungen der Golfstromtemperatur geben, weil die nordamerikanische Ostküste bekanntlich durch einen kalten Wasserstreifen (cold wall) vom Golfstrome getrennt ist.

Die Untersuchung mußte sich demnach auf die unperiodischen Schwankungen der Wassertemperatur an den europäischen (und isländischen) Küstenstationen beschränken. Zur Charakterisierung dieser Schwankungen genügt es, an dieser Stelle aus dem reichen Beobachtungsmateriale zwei Temperaturreihen herauszugreifen. Die eine veranschaulicht die Verhältnisse an der westnorwegischen Küste zwischen Udsire und Ona, die andere die von Horns Riff, dem dänischen Leuchtfeuerschiffe von der Westküste Jütlands. Während für die norwegische Küste aus den Beobachtungen der drei Stationen Udsire, Hellisö und Ona ein gemeinschaftliches Temperaturmittel der Wasseroberfläche für jeden Monat der Jahre 1874 bis 1901 abgeleitet wurde, konnte für Horns Riff, wo täglich außer der Temperatur an der Meeresoberfläche auch die Temperaturen in verschiedenen Tiefenstufen bis 32 *m* herab abgelesen werden, aus diesen Daten der Wärmegehalt einer Wassersäule von 1 *qm* Querschnitt und 32 *m* Tiefe für jeden Monat der Jahre 1880 bis 1902 berechnet werden. Es sind also die Schwankungen der Wasseroberflächentemperaturen an der norwegischen Küste und die des Wärmegehaltes einer Wassersäule bei Horns Riff, die von Dr. Meinardus mit den Schwankungen der Luftdruckdifferenzen in Vergleich gestellt werden.

Um den Zusammenhang der fraglichen Erscheinungen näher zu untersuchen und augenfällig zu machen, hat er den von Buys Ballot in die Meteorologie eingeführten Begriff des Übermaßes verwendet. Unter Übermaß eines Elementes, z. B. der Temperatur, versteht man die algebraische Summe der Abweichungen (der Temperatur) von einem beliebig gewählten Zeitpunkte ab gerechnet. Wenn eine ununterbrochene Reihe positiver Abweichungen aufeinander folgt, so nimmt demnach das Übermaß beständig zu; es nimmt stetig ab zu Zeiten andauernden Defizits. Man kann von jedem Elemente den Betrag des Übermaßes berechnen, so auch von den hier in Frage stehenden Luftdruckdifferenzen oder vom wechselnden Wärmegehalte der Wassersäule bei Horns Riff.

Dr. Meinardus gibt zur Veranschaulichung zunächst eine auf 21 jährigen Beobachtungen beruhende Tabelle der normalen Monatswerte des Wärmegehaltes der oben erwähnten Wassersäule von 1 *qm* Querschnitt und 32 *m* Tiefe bei Horns Riff an der Westküste Jütlands in Kilogramm-Kalorien und der Abweichungen vom mittlern Werte in gewissen Jahren. Diese Tabelle lehrt, daß der normale jährliche Wärmeumsatz in der betreffenden Wassersäule 410 000 *kg*-Kalorien beträgt und die Extremwerte erst im März (84 000) und September (494 000) eintreten. Aber schon die drei Jahrgänge 1880 bis 1882 beweisen, wie außerordentlich groß die unperiodischen Schwankungen sind. Im März 1881 enthielt die Wassersäule 66 000 *kg*-Kalorien zu wenig, im gleichen Monate des nächsten Jahres (1882) aber 80 000 *kg*-Kalorien zu viel; die Abweichungen waren im März und in den benachbarten Monaten einiger spätern Jahrgänge noch größer, und der Unterschied der extremsten Werte eines Monates erreicht mit 180 000 *kg*-Kalorien fast die Hälfte des normalen jährlichen Wärmeumsatzes.

In ähnlicher Weise hat Dr. Meinardus auch die Werte des Übermaßes für die Wassertemperatur an der norwegischen Küste und für die Luftdruckdifferenz Kopenhagen — Stykkisholm berechnet. Mittels dieser Werte erhält man Kurven, die in ausgezeichneter Weise diejenigen Zeiträume hervortreten lassen, in denen die Tendenz zu positiven, bzw. negativen Abweichungen vorherrscht.

Man hat also mit dieser Methode ein bequemes Mittel in der Hand, mit einem Blicke überschauen zu können, wie sich die positiven und negativen Abweichungen in einem längern Zeitraume verteilen, zugleich aber gibt der Vergleich mehrerer solcher Kurven, die gemeinsamen oder ungleichartigen Beziehungen leicht zu erkennen.

Die Untersuchung lehrt nun, daß die Wärmegehaltskurven mit der Kurve, welche die Luftdruckunterschiede darstellt, übereinstimmen, mit

andern Worten: „daß positive (negative) Luftdruckdifferenzen über dem Nordostatlantik, also eine Verstärkung (Abschwächung) der atlantischen Zirkulation mit erhöhtem (verrringertem) Wärmegehalte der Wasserschichten, bzw. deren Oberflächentemperatur an der europäischen Küste zusammenfallen oder aber ihnen um ein bis drei Monate voraufgehen. Denn die Wendepunkte der Übermaßkurven der Luftdruckdifferenzen werden in der Regel um einige Monate eher erreicht als die der Temperatur und des Wärmegehaltes. Im Jahre 1885 verzögerte sich der Eintritt des Wendepunktes sogar um ein halbes Jahr."

Der relativ gleichmäßige Verlauf der Kurve ist ferner ein Beweis dafür, daß die Tendenz zu positiven und negativen Abweichungen der Luftdruckdifferenzen und der Temperatur längere Zeit anzuhalten pflegt. Unter Nichtberücksichtigung kurzer Unterbrechungen beträgt die Dauer gleichen Vorzeichens im westeuropäischen Küstengebiete durchschnittlich nicht weniger als ein Jahr. Die Tendenz zum Wechsel des Vorzeichens ist, wie schon angedeutet, im Herbste am größten.

„Diese Tatsachen," sagt Dr. Meinardus, „beweisen den engen Zusammenhang zwischen der atmosphärischen Zirkulation über dem Nordatlantik und der Wärmeführung des Golfstromes an der europäischen Küste aufs deutlichste. Schwankungen in der Intensität der Zirkulation machen sich in der Regel erst nach Ablauf einiger Monate in einer veränderten Wärmeführung des Wassers an der Küste geltend, wie es der Fall sein muß, wenn die Wärme aus größerer Entfernung herbeigeführt wird. Die lange Andauer gleichen Vorzeichens deutet darauf hin, daß Kräfte vorhanden sind, welche die einmal eingeleitete Verstärkung oder Abschwächung der atmosphärischen Zirkulation zu erhalten suchen."

Dr. Meinardus wendet sich nun zum nordwestlichen Teile des Nordatlantik, um zu untersuchen, welche Wirkungen die Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation dort hervorrufen. Es kommt in erster Linie der Labradorstrom in Betracht, dessen Intensitätsschwankungen ihren Ausdruck in der wechselnden Eisführung bei Neufundland finden dürften. Fortdauernde Messungen der Strömungsgeschwindigkeit gibt es im Labradorstrome ebenso wenig wie in irgend einer andern Meerströmung; man muß sich also an andere Indizien halten, die einen Maßstab für die Intensität der Strömung geben können, und da kann für den Labradorstrom einzig und allein die Eisführung in Frage kommen.

Eine Charakterisierung des Eisreichtumes bei Neufundland hat Dr. Meinardus aus sämtlichen bis jetzt vorhandenen brauchbaren Beobachtungen abgeleitet, und zwar so, daß er ein sehr eisreiches Jahr mit +2, ein sehr eisarmes mit —2, ein normales mit 0 bezeichnete. Wurde nun eine Kurve gezogen, die den wechselnden Eisreichtum bei Neufundland veranschaulicht, und diese mit den Kurven der Luftdruckdifferenzen, welche die Schwankungen der allgemeinen Luftzirkulation über dem Nordatlantik darstellen, verglichen, so fiel eine weitgehende Übereinstimmung im Verlaufe derselben in die Augen. „Es besteht also ein enger Zusammenhang zwischen der Stärke der nordatlantischen Luftzirkulation und der Eisführung des Labradorstromes in dem Sinne, daß eine Verstärkung der Zirkulation mit einer Verminderung des Eisreichtumes bei Neufundland zusammenfällt."

Eine weitere Untersuchung ergab, daß für die Größe des Jahresmittels (September bis August) der Luftdruckdifferenzen im einzelnen Jahrgange in der Regel die Herbst- und Wintermonate entscheidend sind. Aus dieser Tatsache aber folgt, wie Dr. Meinardus hervorhebt, die Möglichkeit, aus dem Werte der Luftdruckdifferenzen im Herbste und Winter den Charakter der zukünftigen Eissaison bei Neufundland im voraus abzuschätzen. „Nach einer eingehenden Prüfung der Verhältnisse in den letzten drei bis vier Jahrzehnten gibt

1. die Luftdruckdifferenz Toronto—Ivigtut für den Zeitraum September bis Januar oder

2. die Luftdruckdifferenz Kopenhagen—Stykkisholm für den Zeitraum August bis Januar (oder Februar)

die Grundlage für die beste Prognose.

„Eine starke positive Abweichung dieser Luftdruckdifferenzen läßt für das kommende Frühjahr eine bedeutende, eine starke negative dagegen eine geringe Eisdrift erwarten. Man würde also Anfang Februar die Abweichung der Luftdruckdifferenz des angegebenen Zeitraumes vom normalen Werte zu berechnen und daraus einen Schluß auf den Charakter der Eissaison zu ziehen haben.

Im Zeitraume 1875 bis 1900 ging den sieben eisreichsten Jahren eine mittlere Abweichung der Luftdruckdifferenz Toronto—Ivigtut von +2.2 *mm* voraus, in den sechs eisärmsten eine Abweichung von — 2.6 *mm*. Für die Luftdruckdifferenz Kopenhagen—Stykkisholm stellten sich im Zeitraume 1860 bis 1900 die entsprechenden Abweichungen auf +2.7 *mm* (Mittel aus den zehn eisreichsten Jahren) und — 3.9 *mm* (Mittel aus den acht eisärmsten Jahren).

Diese Methode der Eisprognose setzt demnach voraus, daß man rechtzeitig über die Luftdruckverhältnisse des Herbstes und Winters auf Island und in Südwestgrönland bei uns unterrichtet werde, ein Grund mehr, daß die lange geplante telegraphische Verbindung der dänischen Kolonien mit dem Mutterlande endlich zur Ausführung komme. Bis dahin wird man sich aus den festländischen Luftdruckbeobachtungen und den Windverhältnissen über den britischen Inseln und über dem östlichen Kanada eine Vorstellung über die Entwicklung der nordatlantischen Zirkulation zu bilden haben, wozu mit Vorteil auch die internationalen Dekadenberichte herangezogen werden könnten, die auch die Luftdruckverteilung über dem mittlern Teile des Ozeanes wiedergeben.“

Dies liefert die Bestätigung einer Vermutung, die Dr. Meinardus bereits vor sechs Jahren ausgesprochen hat, daß nämlich eine Verstärkung der atlantischen Zirkulation auf den beiden gegenüberliegenden Seiten des Nordatlantik einen entgegengesetzten Einfluß auf die Wärmeführung der Meerströmungen ausübt. „Indem sie den Golfstrom beschleunigt, erhöht sie die Temperatur an den westeuropäischen Küsten, indem sie aber gleichzeitig den Labradorstrom beschleunigt, vermehrt sie dessen Eisführung, und höchstwahrscheinlich vermindert sie gleichzeitig dessen Temperatur, was allerdings aus Ermanglung von Messungen bisher nicht näher hat festgestellt werden können. Bei abgeschwächter Zirkulation findet das Gegenteil statt. In beiden Fällen tritt in der Äußerung der vermehrten oder verminderten Wasserbewegung auf die Temperatur-, bzw. Eisverhältnisse eine Verspätung von mehrern Monaten ein, wodurch eben die Möglichkeit einer Prognose für beide Seiten des Atlantik gegeben ist. Eine ähnliche Verzögerung der Wirkung hat auch kürzlich Dr. W. Brennecke bezüglich der Luftdruckverteilung über dem nordöstlichen Atlantik und der Eisführung des Ostgrönlandstromes konstatiert.

Infolge der entgegengesetzten thermischen Wirkung, welche die Verstärkung (oder die Abschwächung) der nordatlantischen Zirkulation auf die gegenüberliegenden Seiten des Nordatlantik ausübt, wird offenbar der gesamte Wärmevorrat im Nordatlantik nur verhältnismäßig wenig affiziert werden, die höhere Wärme auf der einen Seite wird durch die größere Kälte auf der andern mehr oder minder aufgewogen. Die atlantische Zirkulation mit ihren unperiodischen Schwankungen versieht die Funktion eines selbsttätigen Wärmeregulators, der Wärmezu- und -abgang innerhalb gewisser Grenzen hält. Es ließe sich auch der entgegengesetzte Fall denken, daß nämlich eine beschleunigte Zirkulation außer einer Vermehrung der Eisführung des Labradorstromes gleichzeitig eine Verminderung der Temperatur des Golfstromes herbeiführte. In diesem Falle würden die Schwankungen der Zirkulation in sehr empfindlichen Veränderungen des Wärmezustandes des Nordatlantischen Ozeanes zum Ausdrucke kommen.“

Wie Dr. Meinardus nachgewiesen, folgt also großen (kleinen) Luftdruckdiffernzen zwischen Kopenhagen und Stykkisholm von September bis Januar Eisreichtum (Eisarmut) bei Neufundland im Frühjahre. Nun hat er früher nachgewiesen, daß dieselben Luftdruckdifferenzen maßgebend sind für die Frühjahrstemperatur in Mitteleuropa.[1]) Es fallen demnach in den meisten Fällen eisreiche Jahre bei Neufundland mit warmen Frühjahren (Februar bis April) in Mitteleuropa zusammen, eisarme Jahre mit kalten. Diese Tatsache widerspricht den oft von Laien geäußerten, in den Tagesblätter auftauchenden Vorstellungen von einer unmittelbaren Einwirkung der Eisverhältnisse von Neufundland auf die europäische Witterung. Da diese Vorstellungen mehr auf einem unbestimmten Gefühle oder auf einer falschen Verallgemeinerung vorübergehender Witterungszustände beruhen, bedürfen sie keiner weitern Widerlegung.

Indessen ist, wie Dr. Meinardus hervorhebt, die Möglichkeit zu erwägen, daß die Temperatur des Golfstromes durch den Schmelzprozeß bei Neufundland nachhaltig beeinflußt wird, und daß ihm daher in eisreichen Jahren, die zugleich eine Verstärkung des kalten Labradorstromes anzeigen, eine negative, in eisarmen Jahren eine positive Temperaturabweichung an dieser Stelle zugeteilt und mit auf den Weg gegeben wird. „Da das Wasser des Golfstromes unter normalen Verhältnissen $^1/_2$ bis $^3/_4$ Jahre gebraucht, um von Neufundland aus die Küsten Großbritanniens und Norwegens zu erreichen, so dürfte man a priori erwarten, nach einer großen Eissaison, deren Höhepunkt in den April oder Mai fiele, die ersten Anzeichen einer negativen Temperaturabweichung an den Küsten Europas gegen Ende des Jahres anzutreffen. Diese Schlußfolgerung bestätigt sich in der Tat in manchen Fällen, in einigen entscheidenden dagegen nicht, so nach den Eisjahren 1882 und 1884. Es folgen anderseits auf sehr eisarme Jahre bei Neufundland, wie 1892, auch sehr niedrige Wintertemperaturen in den europäischen Meeren (1893). Es scheint demnach der vermutete Zusammenhang nicht den Charakter einer Gesetzmäßigkeit an sich zu tragen, die erlauben würde, eine einigermaßen sichere Temperaturprognose für Westeuropa darauf zu gründen.

„Diese Tatsache mag auf den ersten Blick verwunderlich erscheinen, indessen gibt folgende Überlegung vielleicht eine Erklärung dafür an die Hand. Die kalten, wenn auch salzärmern Wasser des Labradorstromes tauchen östlich und südlich von Neufundland als die schwerern unter die hochtemperierten, obgleich salzreichern des Golfstromes unter und setzen in der Tiefe vermutlich ihren Weg nach Süden hin fort. Eine belangreiche Vermischung der heterogenen Wasser wird vielleicht in der untern Grenzschicht des Golfstromes stattfinden, aber kaum in seinen obern Schichten. Wassertemperaturschwankungen des Labradorstromes dürften sich also mehr auf die tiefern als auf die obern Schichten des Nordatlantik übertragen. Anders verhält es sich mit der wechselnden Eisführung. Die Eisberge tauchen nicht mit den Wassern, die sie aus Norden herbeiführten, unter, sondern verlieren beim Zusammentreffen mit dem Golfstrome allmählich ihren ursprünglichen Boden unter den Füßen, sie werden direkt in die wärmere Strömung hineingetragen, sie schmelzen im Golfstromwasser, und dieser Prozeß muß allerdings dazu beitragen, ein mit der Eismenge wechselndes Maß von Wärme dem Golfstromwasser zu entziehen. In eisarmen Jahren wird die Abkühlung gering sein, und daraus wohl eine positive Temperaturabweichung im Golfstrome resultieren, das Entgegengesetzte sollte in eisreichen Jahren stattfinden.

Nun liegt aber gerade südlich und südöstlich von Neufundland der Hauptdivergenzpunkt der von Süden herkommenden warmen Strömung. Der Golfstrom geht von hier aus fächerförmig auseinander, die linksseitigen Stromfäden laufen in die Davisstraße hinein, die rechtsseitigen nehmen den Kurs südlich der Azoren. Diese Stromzerteilung muß nun auch verteilend wirken

[1]) Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk. 1898. p. 198; Met. Zeitschr. 1898. p. 94.

auf die Schmelzwasser der Eismassen, die an sich schon immerhin doch nur einen sehr kleinen Bruchteil der vom Golfstrome geführten Wassermassen ausmachen, der abkühlende Effekt wird mit der Entfernung vom Strahlungspunkte immer mehr verblassen. Oder aber die abkühlende Wirkung teilt sich überhaupt nur dem einen oder andern Stromzweige mit, während die andern davon unberührt bleiben. Daraus würde dann zu folgern sein, daß der Eisreichtum bei Neufundland nicht regelmäßig den Zweig des Golfstromes zu beeinflussen braucht, der gegen die nordwesteuropäischen Küsten gerichtet ist."

Die dritte Strömung des Nordatlantik, die für die gesamte Zirkulation und die Temperaturverhältnisse Bedeutung hat, ist der ostgrönländische Polarstrom mit seinen Verzweigungen, insbesondere die zwischen Jan Mayen und Island nach Südosten laufende sogenannte ostisländische Strömung, die für die Eisverhältnisse bei Island von Einfluß wird.

W. Brennecke hat vor kurzem den Nachweis erbracht, daß für den Charakter der Eisverhältnisse im ostgrönländischen Meere die Luftdruckdifferenzen zwischen 70° nördl. Br. 20° westl. L. und 70° nördl. Br. 20° östl. L. im Frühjahre (März bis Mai) maßgebend zu werden pflegen. Durch große Luftdruckunterschiede werden die nordöstlichen Winde über dem Eisstrome beschleunigt, die dann ihrerseits die Eismengen schneller und in größerer Menge südwärts treiben. Diese Beziehung zwischen Luftdruckverteilung und Eisverhältnissen, die der vom Labradorstrome ganz analog zu sein scheint, veranlaßte Dr. Meinardus, um einen längern Beobachtungszeitraum und auf festem Lande gelegene Beobachtungsorte verwenden zu können, die Luftdruckdifferenzen zwischen Stykkisholm (Island) und Vardö oder Christiansund (Norwegen) mit den Eisvorkommnissen bei Island in Vergleich zu stellen, welch letztere sich für ungefähr 100 Jahre einigermaßen charakterisieren lassen. Es zeigte sich, daß auch hier im allgemeinen (d. h. in 70 bis 80% der Fälle) die erwähnte Beziehung statthaft, daß also relativ hoher Luftdruck auf Island im Winter und Frühjahre Eisreichtum, niedriger Luftdruck Eisarmut im Gefolge zu haben pflegt.

„Nun ist aber," fährt er fort, „die relative Höhe des Luftdruckes bei Island auch wesentlich mitentscheidend für die größere oder geringere Entfaltung der nordatlantischen Zirkulation und für ihre Folgeerscheinungen hinsichtlich der Temperatur in Westeuropa im Winter und in Mitteleuropa im Frühjahre, sowie für die Eisverhältnisse bei Neufundland. Da hoher Druck bei Island einerseits eine vermehrte Eisführung bei Island, anderseits eine verminderte nordatlantische Zirkulation mit ihren Folgen bewirkt, niedriger Druck dagegen eine Verminderung der Eisführung bei Island und eine Verstärkung der atlantischen Zirkulation mit ihren Folgen, so hängen folgende Erscheinungen aufs engste miteinander zusammen:

A. 1. Schwache atlantische Zirkulation,
2. niedrige Wassertemperaturen an der europäischen Küste,
3. Eisarmut bei Neufundland,
4. Eisreichtum bei Island

oder aber

B. 1. starke atlantische Zirkulation,
2. hohe Wassertemperaturen an der europäischen Küste,
3. Eisreichtum bei Neufundland,
4. Eisarmut bei Island.

Es gibt naturgemäß Ausnahmen von diesen Regeln, wie es nicht anders zu erwarten ist; denn ein Ineinandergreifen so vieler Faktoren läßt sich nicht restlos durch eine kurze Formel umgrenzen. Es kommen gelegentlich Abweichungen in dem einen oder andern Sinne vor. Nicht immer fällt der Eisreichtum bei Island mit Eisarmut bei Neufundland zusammen und umgekehrt. So war das Jahr 1882 gleichzeitig eisreich bei Island und bei Neufundland, Eisarmut in beiden Gebieten ereignete sich z. B. 1900. Aber meistens trifft die

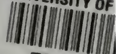
oben angegebene Regel zu. Die Jahre 1864, 1875, 1880, 1884, 1890, 1894 und 1903, die bei Island eisarm waren, rechnen zu den schwersten Eisjahren bei Neufundland, während die für Island eisreichen Jahre 1881, 1888, 1892, 1902 als ungewöhnlich eisarm bei Neufundland geschildert werden.

Wenn Ausnahmen von dieser gegensätzlichen Entwicklung der Eissaison an den beiden Seiten des Ozeanes vorkommen, so scheinen sie meist durch ein abnormes Verhalten in den isländischen, nicht in den neufundländischen Gewässern bedingt zu sein. Die Eisverhältnisse bei Neufundland entsprechen mit andern Worten fast stets der oben abgeleiteten gesetzmäßigen Beziehung zur atlantischen Zirkulation, während das bei Island nicht so oft der Fall ist. Dies kann nicht überraschen, wenn man sich vergegenwärtigt, daß nach Brennecke die Ausbildung des Luftdruckminimums im nördlichen Eismeere für den Eisreichtum im Ostgrönlandstrome von wesentlicher Bedeutung ist. Es wird also auch die Ausbildung der Luftzirkulation im äußersten Nordosten des Nordatlantik mit entscheidend, und es wird sich im Einzelfalle darum handeln, nachzuweisen, wie stark dieser Faktor mit der oben angegebenen Beziehung in Konkurrenz tritt, wann er eine Ausnahme von der vorher formulierten Regel bewirkt. Im Jahre 1882 war, wie bemerkt, ein solcher Ausnahmefall eingetreten. Der Eisreichtum bei Neufundland entsprach der großen Verstärkung der nordatlantischen Zirkulation, aber auch bei Island erfolgte eine starke Eisblockade, entgegen obiger Regel. Es war die Folge einer ungewöhnlichen Vertiefung des Luftdruckminimums am Nordkap. Andere, scheinbare Ausnahmen von der Regel können dadurch hervorgerufen werden, daß sich der durch die Dänemarkstraße gehende Zweig des Ostgrönlandstromes auf Kosten des ostisländischen mit Eis belädt, so daß die polaren Küsten Islands relativ eisarm sind, und die dortigen Beobachtungen keinen Aufschluß über den wahren Eischarakter eines solchen Jahres geben.

Außer diesen Faktoren kommen noch andere in Betracht, über welche wir erst in letzter Zeit durch die Bemühungen des in Kopenhagen unter Gardes Leitung zentralisierten Nachrichtendienstes der arktischen Eisverhältnisse fortlaufend orientiert werden. Insbesondere spielt die Frage eine Rolle, ob im Quellgebiete der Polarströme ein großer Eisvorrat sich angesammelt hat und der Verfrachtung in niedere Breiten harrt, oder ob, trotz einer kräftigen Entwicklung der Polarströme, die Eisführung eine beschränkte bleiben muß, weil die Eiszufuhr in ihrem Quellgebiete eine geringe oder behinderte ist.

Schon diese Überlegung zwingt uns, zur Erklärung der Erscheinungen im Einzelfalle über die engern Grenzen des Untersuchungsgebietes hinauszugehen, aber dasselbe gilt noch in viel höherm Grade, wenn wir versuchen wollen, den Ablauf der Erscheinungen im Großen von Jahr zu Jahr zu verfolgen, die Ursachen zu ergründen, die bald eine Verstärkung, bald eine Abschwächung der nordatlantischen Zirkulation hervorrufen. Dazu bedürfte es vor allem auch eines tiefern Einblickes in die ozeanischen und meteorologischen Verhältnisse der Tropen, und davon sind wir leider heutzutage noch sehr weit entfernt."

Leipzig, Oskar Leiner. 7802


UNIVERSITY OF
73 619 0